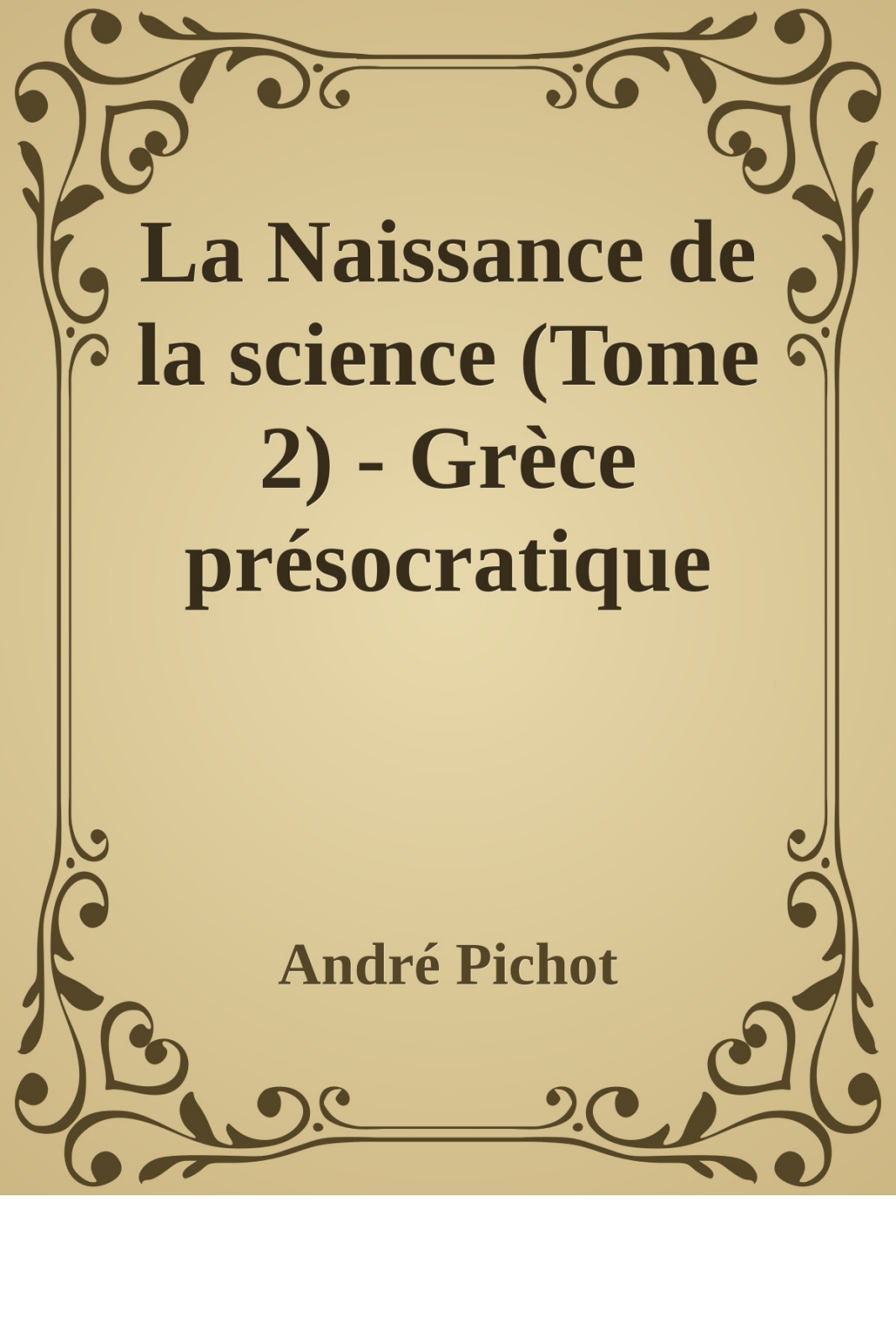


A decorative border with symmetrical floral and scrollwork patterns in a dark brown color, framing the central text.

La Naissance de la science (Tome 2) - Grèce présocratique

André Pichot

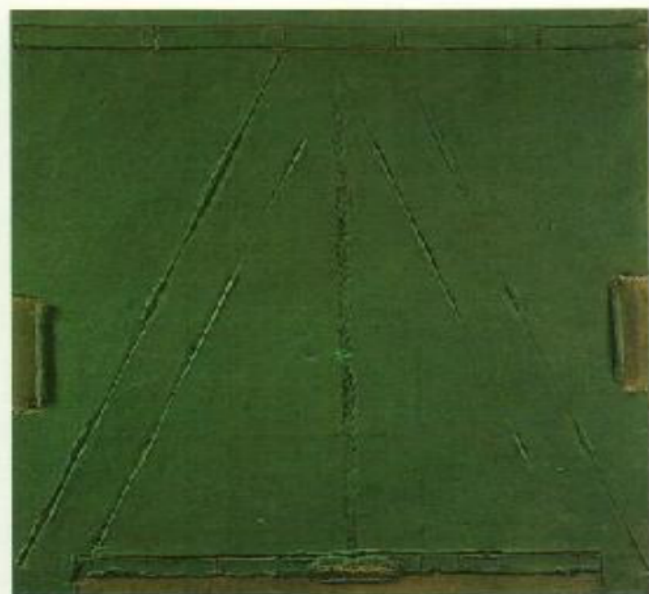
VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

André Pichot

La naissance de la science

2. Grèce présocratique



folio  essais
INÉDIT

André Pichot

La naissance
de la science

TOME 2

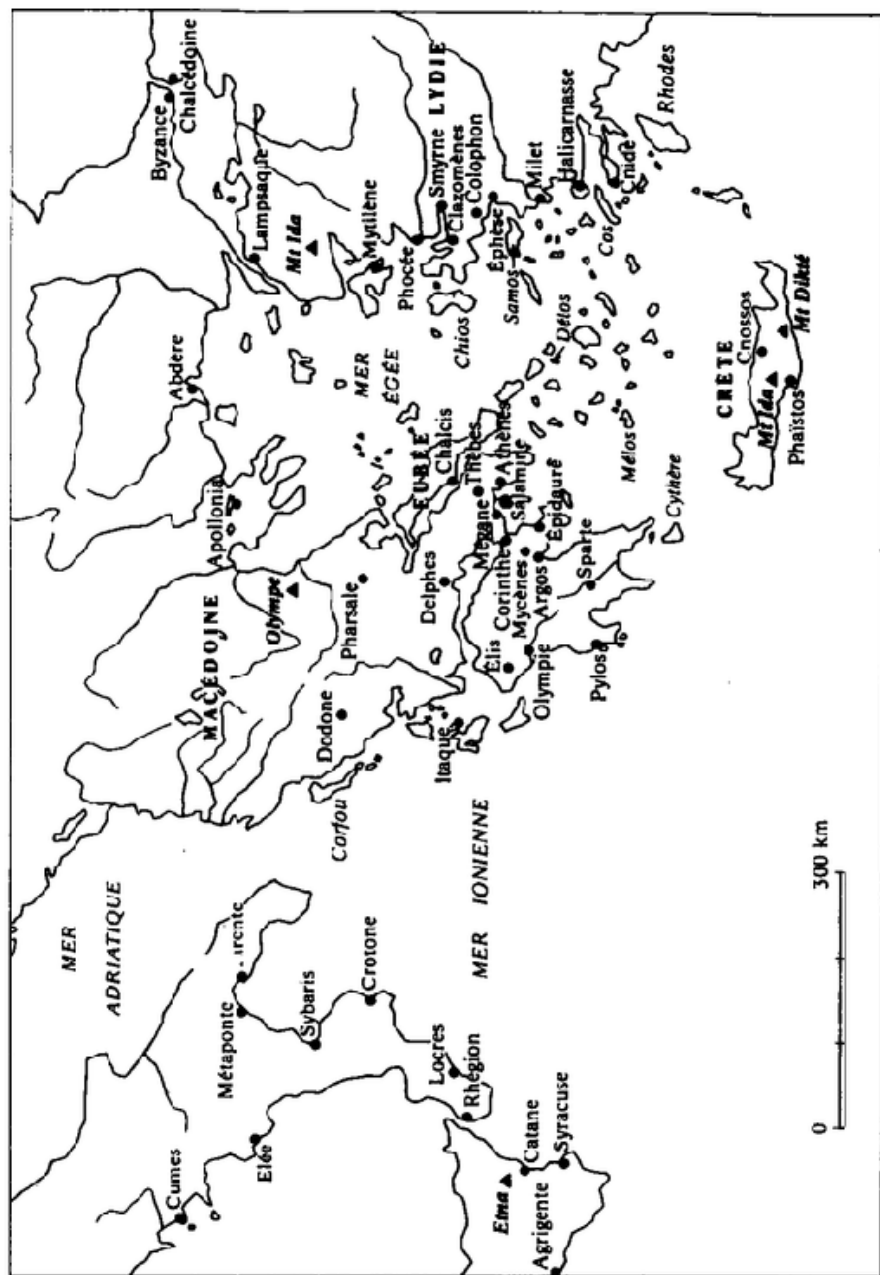
Grèce présocratique



Gallimard

Deuxième partie

La science dans la Grèce présocratique



Chapitre I

Le monde égéen

CADRE HISTORIQUE

Le monde grec de l'Antiquité classique se compose de la Grèce continentale, des îles de la mer Égée, de la côte de l'Asie Mineure (Ionie), de l'Italie du Sud et de la Sicile. Toutes régions de climat méditerranéen, assez montagneuses, sans grandes plaines. En contact étroit avec la mer, c'est par la voie maritime que se font les relations entre les différentes cités, autrement assez isolées les unes des autres.

Au début de la période dont nous allons brièvement retracer l'histoire, ce monde grec n'est pas encore grec, et il comprend seulement l'Est de la Grèce continentale, les îles de la mer Égée et surtout la Crète sur laquelle il est centré.

Dans ce monde égéen, le début de l'âge du métal (chalcolithique : cuivre et pierre polie) se situe vers 3000. L'âge du bronze commence vers 2600. La Grèce est alors habitée par une population mal connue (les Pélasges ?). Les Grecs proprement dits (Indo-Européens) seraient arrivés (via l'Anatolie) depuis la Russie du Sud, vers 2000, lors des migrations indo-européennes de la fin du III^e millénaire. Ils s'installent en Grèce continentale, principalement dans le Péloponnèse, se mêlant aux populations locales. Les îles auraient été moins touchées, et la Crète épargnée.

Celle-ci est, à cette époque (qui correspond à peu près au Moyen Empire égyptien et à la I^{re} dynastie de Babylone), le siège de la civilisation la plus avancée du monde égéen. De 2100 à 1400, la Crète se caractérise par la civilisation dite « des palais », parce que ses vestiges consistent surtout en ruines de grands palais, dont le principal est celui de Cnossos. On est assez mal renseigné sur cette civilisation, son organisation sociale, son niveau technique ; elle fut apparemment brillante et connut un rayonnement, au moins commercial, dans tout le monde égéen et même au-delà (notamment en Égypte) : on a retrouvé dans toute la région des objets manifestement originaires de Crète (et les textes égyptiens mentionnent les Crétois sous le nom de Keftiou). La Crète possédait une flotte importante et exerçait sans doute une influence, sinon un pouvoir, sur les îles environnantes, voire sur la côte de la Grèce continentale (thalassocratie).

Vers 1700, les palais sont détruits, sans que l'on en comprenne bien la cause : tremblement de terre, révolte intérieure, invasion des populations de la Grèce continentale ? Ces palais sont reconstruits et la civilisation reprend sans autres discontinuités marquées. Elle tend même à se développer, malgré de probables dissensions internes entre les régions régies par les différents palais, qui auraient

contesté la suprématie de Cnossos. L'apogée se situe vers 1500 ; la Crète domine alors les principales îles de la mer Égée et certainement au-delà (peut-être son influence s'étendait-elle jusqu'à la Sicile à l'ouest et, à l'est, jusqu'à Chypre). Cet impérialisme se manifeste notamment par l'émigration de Crétois et la fondation de colonies et relais commerciaux dans ces différentes régions ; l'intérieur de la Grèce continentale est de plus en plus marqué par l'influence crétoise ; le commerce avec l'Égypte est important.

Le déclin vint rapidement. Les palais sont détruits vers 1450, sauf celui de Cnossos qui, au contraire, s'embellit et semble gagner en puissance. On interprète ceci de plusieurs manières : soit des Achéens provenant du Péloponnèse auraient été déjà maîtres de Cnossos et étendent alors leur domination aux autres régions ; soit au contraire ils auraient envahi la Crète à ce moment, en épargnant encore Cnossos. La première hypothèse est la plus vraisemblable, du fait que l'on a trouvé à Cnossos des tablettes de cette époque écrites en Linéaire B (voir ci-après la partie consacrée à l'écriture) et donc en langue grecque (et non crétoise).

Quoi qu'il en soit, à partir de 1400, la prédominance revient à Mycènes, et donc à la Grèce continentale, dont la Crète devient dépendante. C'est pendant cette période qu'a lieu la guerre de Troie (peut-être vers 1250), chantée par Homère, pour laquelle les Grecs étaient rassemblés sous le commandement d'Agamemnon, roi de Mycènes.

Cette suprématie mycénienne dura environ deux siècles. Vers 1200, se produit ce qu'on appelle, plus ou moins improprement, l'invasion doriennne, qui se rattache aux mouvements contemporains des Peuples de la Mer. C'est pour la Grèce le début de l'âge du fer (apporté par les « Doriens » – venant peut-être d'une région correspondant à l'actuelle Yougoslavie) ; c'est aussi le début d'un « Moyen Âge » qui va durer plusieurs siècles. La civilisation créto-mycénienne va disparaître brutalement et quasi complètement ; elle ne survit, de manière fragmentaire, que dans les légendes et les mythes (comme le Minotaure, la guerre de Troie, etc.). Sur tous les plans, hormis l'usage du fer, la civilisation régresse : abandon de l'écriture, abandon de l'architecture de pierre, destruction de l'organisation sociale et économique, etc. Il reste donc très peu de chose de cette période qui est très obscure.

La densité de population chute. Se produisent diverses migrations. Les agglomérations semblent se fermer sur elles-mêmes et avoir peu de contact les unes avec les autres. Se forment ainsi de petits royaumes composés d'une ville et de la campagne environnante, chacun sous l'autorité d'un *basileus*. Jusqu'au VIII^e siècle, la civilisation reste pauvre et rudimentaire. Puis l'architecture « reprend », la navigation, la céramique et le travail du métal également. Enfin, vers le milieu du VIII^e siècle, les Grecs écrivent de nouveau ; et maintenant avec un alphabet dérivé de l'écriture phénicienne (voir ci-après). C'est sans doute à cette époque que vivent Homère et Hésiode (leurs œuvres restent orales et, transmises par la tradition, ne seront consignées par écrit que beaucoup plus tard – en 550 à Athènes, sur l'ordre de Pisistrate, pour celles d'Homère).

Dans ces cités archaïques, le pouvoir et la richesse (essentiellement la

possession des terres) sont aux mains d'une aristocratie ; le *basileus* a un rôle surtout religieux. Le pouvoir, peu à peu, se répartit plus largement, tout en restant cependant réservé aux plus aisés. Dans cette démocratisation interviennent notamment des facteurs militaires : la population de la cité est assez restreinte, les nouvelles armes (usage du fer) nécessitent une armée organisée, tous ceux qui sont assez riches pour avoir un équipement militaire, et donc servir dans une armée organisée, voudront aussi participer au gouvernement de la cité. Le pouvoir est alors exercé par des magistrats entourés d'un conseil, la souveraineté restant à l'assemblée. Les magistrats et le conseil sont recrutés dans l'aristocratie. L'assemblée comprend certainement tous ceux qui peuvent jouer un rôle dans l'armée, mais peut-être aussi d'autres classes de citoyens (à Athènes, ce serait Solon qui aurait ouvert l'assemblée à tous, vers 594).

Pendant les VIII^e et VII^e siècles av. J.-C. se produisent des vagues de colonisation : c'est-à-dire que des groupes d'habitants d'une cité émigrent de manière très organisée dans des régions diverses, où ils fondent de nouvelles cités (éventuellement en chassant les autochtones). Ces nouvelles cités sont autonomes des cités d'origine des fondateurs (métropoles) ; elles en gardent cependant quelques caractères, comme la religion, et commercent avec elles. (Ainsi Marseille est une colonie de Phocée (654) ; Syracuse, de Corinthe (734) etc.)

Ce mouvement est général ; de très nombreuses cités fondent des colonies à cette époque (et même un peu plus tard). On en connaît mal les raisons (cette généralité excluant les explications trop anecdotiques). Sans doute ont joué des facteurs tels que l'exiguïté du territoire de la cité, la pression démographique, la concentration des terres aux mains de quelques-uns, et des conditions économiques et politiques plus spécifiques selon les cas.

En conséquence de cette multiplication des cités et de la diversité de leurs localisations (notamment lorsqu'il s'agit de régions produisant les métaux dont la Grèce est pauvre), le commerce se développe entre elles, et ainsi se crée, sinon une unité vraie et organisée, du moins un tissu mouvant de relations économiques et culturelles dans le monde grec. C'est à cette époque que la monnaie aurait été inventée en Lydie (roi Crésus, fin du VII^e siècle). Elle se répandit en Grèce, d'abord à Corinthe et à Athènes au début du VI^e siècle, puis dans le reste du pays un peu plus tard (encadré 105 page 28).

La pratique de la colonisation ne résout pas tous les problèmes internes des cités grecques. Persiste une tension entre les différentes couches sociales (possédants et non-possédants), voire à l'intérieur d'une même couche (ainsi, chez les aristocrates, pour la recherche du pouvoir). L'aboutissement en est le plus souvent la prise de pouvoir par un *tyran* (tel que Polycrate, à Samos vers 525), qui règne de manière absolue, par la force et/ou avec le consentement d'une plus ou moins grande partie de la population (il existe des tyrans démagogues). Parfois, le pouvoir est attribué à un personnage élu, l'*aisymnète*, qui ne le détient que pour un temps limité avec comme mission de résoudre une situation conflictuelle. Ou encore est élu un *législateur* (tel que Solon à Athènes en 594) chargé non seulement d'arbitrer un conflit ou une crise, mais d'instituer des lois jouant

comme une constitution. La législation tend à réglementer une part de plus en plus grande de la vie ; on connaissait bien auparavant des codes, tels que celui d'Hammourabi, régissant le commerce, le travail, le mariage, la justice, etc., mais le mouvement s'amplifie alors et, surtout, apparaissent les lois constitutionnelles régissant le pouvoir (alors qu'auparavant le pouvoir, au mieux, régissait en faisant des lois – quand il n'était pas simplement arbitraire).

On se rappelle sans doute (voir tome I, l'histoire de la Mésopotamie) que les Perses (Cyrus, Darius, ...) entreprirent à cette époque des conquêtes en Asie Mineure. Certains des tyrans des villes d'Ionie avaient été mis en place par ces Perses. Avec l'aide d'Athènes, les cités ioniennes se révoltent contre cette domination ; mais cette révolte est matée et la ville de Milet est détruite en 494.

En réaction à cette destruction, le pouvoir à Athènes passe à Thémistocle qui renforce la défense de la ville. Darius lance une expédition contre les cités grecques du continent (Guerres Médiques). Il est battu à Marathon en 490 par le stratège Miltiade. Après cette victoire, les cités grecques retrouvent leurs rivalités et leurs troubles internes. Seule Athènes, sous Thémistocle, renforce son armée. Xerxès, qui a succédé à Darius, reprend l'offensive en 480 ; mais, après une campagne mouvementée, il est battu à Salamine. Après une autre tentative, les Perses sont définitivement vaincus en 479, à Platée par l'armée grecque conduite par le roi de Sparte Pausanias, et au cap Mycale par la flotte conduite par l'Athénien Xanthippos.

Athènes, qui a tenu une place prépondérante dans les Guerres Médiques, accroît sa puissance (grands travaux : port, fortifications ; renforcement de sa flotte) et va se constituer un véritable empire. En 478, se forme la ligue de Délos : alliance d'Athènes et d'un certain nombre de cités (surtout insulaires) pour se doter d'une marine de guerre importante et ainsi se prémunir de tout retour des Perses. Athènes ne tarde pas à y prendre la prédominance, ce qui ne va pas sans quelques rébellions des autres cités de la ligue. En peu d'années, on est passé d'une ligue à un empire athénien qui s'étend sur les îles de la mer Égée, une partie de la Thrace et de l'Ionie. Les cités conservent cependant une certaine autonomie à l'intérieur de cet empire : il n'y a pas une véritable centralisation.

Tout au long du demi-siècle que dure son empire, Athènes voit sa puissance et son éclat augmenter. Surtout sous Périclès (de 450 à 431 – Périclès est le fils de Xanthippos, le vainqueur du cap Mycale). Outre l'architecture, le théâtre, la philosophie (Anaxagore, le premier philosophe « athénien », était l'ami de Périclès – il sera cependant chassé d'Athènes), la cité promeut la démocratie dans les autres cités.

Cette montée de la puissance athénienne n'est pas sans inquiéter Sparte, d'où ses guerres avec elle en 461-451 et 447-445, après lesquelles est signée la Paix de Trente Ans, par laquelle Athènes garde son empire maritime mais renonce à toute action sur le continent. Cette paix ne dura en fait que quatorze ans, et en 431 débuta la guerre du Péloponnèse qui va opposer les deux cités et leurs alliés jusqu'en 404, date à laquelle Athènes est battue et son empire dissous, après bien des péripéties souvent cruelles. C'est à Athènes la crise de la démocratie

(tentative aristocratique des Trente) ; mais celle-ci est finalement rétablie sous une forme modérée. C'est dans cette situation de crise qu'ont lieu le procès et la condamnation à mort de Socrate en 399.

Pendant plus d'un demi-siècle, les différentes cités vont connaître des crises internes et des conflits entre elles de manière incessante (avec d'abord une hégémonie de Sparte – qui comprend quelques interférences avec les Perses –, puis celle de Thèbes). C'est l'arrière-fond de l'œuvre de Platon.

Parallèlement, la puissance du royaume de Macédoine, au Nord de la Grèce, s'accroît ; notamment après le reflux des Perses à la fin des Guerres Médiques. À la faveur des dissensions des Grecs, le roi Philippe II de Macédoine s'infiltre peu à peu, et de plus en plus loin ; et cela malgré l'opposition d'Athènes qui tente, suivant les conseils de Démosthène, de l'arrêter. En 338, la Grèce entière lui est soumise, à l'exception de Sparte. Philippe prépare une guerre contre les Perses, mais il est assassiné en 336. Son fils Alexandre (qui avait eu Aristote pour précepteur) lui succède et, en treize ans, conquiert l'Asie Mineure, l'Égypte, puis la Babylonie et l'Iran jusqu'à l'Indus.

Son empire sera partagé à sa mort (en 323, à Babylone) : l'Asie à Séleucus, l'Égypte à Ptolémée ; la Macédoine et la Grèce seront l'objet de conflits de succession où les héritiers possibles s'entre-tuent. La situation y restera très longtemps conflictuelle : y interviennent, outre Carthage (en guerre en 319 avec Syracuse), les Gaulois qui envahissent la Macédoine en 279, les Romains qui finirent par l'emporter (d'abord dans les cités de l'Italie du Sud vers 280, puis peu à peu le reste de la Grèce et de la Macédoine : Persée, roi de Macédoine, est vaincu par le Romain Paul-Émile à Pydna en 168 ; en 146 av. J.-C. Corinthe est prise par Mummius Achaïcus et la Grèce est réunie à la province romaine de Macédoine).

Histoire mouvementée, ce qui en ressort est le manque d'unité politique, compensé par l'unité culturelle, et l'invention de la démocratie et des principes constitutionnels.

CADRE TECHNIQUE

Pour ce qui concerne l'agriculture, il n'y a guère de nouveautés dans le monde égéen, comparativement à la Mésopotamie et l'Égypte ; si ce n'est que la culture s'y pratique sans grands travaux d'irrigation. On y cultive principalement des céréales, la vigne et l'olivier. Les instruments de culture restent primitifs (houe, araire tiré par des bœufs attelés par un joug de cornes ou de garrot). Les instruments, tels que moulins et pressoirs, sont comparables à ceux de Mésopotamie et d'Égypte pour la période qui nous intéresse ; les formes plus élaborées (moulin à eau, pressoir à levier) n'apparaîtront que plus tard.

On élève moutons, chèvres, bœufs, porcs, volailles, ânes, mules, chevaux, ...

Les constructions sont, pour la plupart, réalisées en briques crues « remplissant » un cadre de bois structurant l'édifice. La brique cuite n'apparaît

qu'au VI^e siècle, et ne sera jamais d'un emploi généralisé dans la période présocratique. L'architecture de pierre avait existé dans la civilisation créto-mycénienne (palais, tombeaux, ...) ; mais elle disparut avec celle-ci, pour ne reparaitre qu'au VI^e siècle (la voûte véritable n'apparaîtra même que plus tard, elle passe pour avoir été inventée par Démocrite d'Abdère en 450 av. J.-C. – auparavant on ne connaissait que l'encorbellement, c'est-à-dire la disposition des blocs de pierre en porte-à-faux successifs).

Les routes ont également régressé par rapport à la Crète, où elles étaient pavées de pierres : elles ne sont plus que de simples pistes, dont le réseau est peu développé et pauvre en ponts. Le transport s'y fait à dos d'ânes ou de mulets, parfois sur des chariots à deux roues attelés (collier de gorge). Le cheval fut d'abord un animal de trait, il ne fut monté qu'à partir du XI^e siècle.

Ce faible développement des routes et des transports terrestres est compensé par l'importance de la marine : bateaux (de 40 à 60 tonneaux), à rames ou à voiles (mât unique, voile quadrangulaire), ports aménagés, ...

On file et tisse surtout la laine. Le lin est peu cultivé et importé d'Égypte. Le coton n'a été introduit que par les conquêtes d'Alexandre.

L'industrie chimique est peu développée. La métallurgie ne dispose que de peu de mines (plomb et argent en Attique), et doit importer des métaux semi-finis. Le verre, dont la technique est vraisemblablement d'origine égyptienne, est connu et utilisé en moulage, il ne sera soufflé qu'à partir du II^e siècle. On connaît également les émaux.

On écrit sur des tablettes de bois enduites de cire (les lettres y sont gravées avec un stylet, puis effacées en repoussant la cire) ; ou sur du papyrus importé d'Égypte.

La Grèce paraît donc – pour cette période – d'un niveau technique à peine équivalent à celui que la Mésopotamie et l'Égypte avaient atteint depuis longtemps (mais qu'elles n'avaient pas quitté ensuite). Les siècles qui suivent verront l'éclosion et le développement du machinisme (le moulin à eau, inconnu en Mésopotamie et en Égypte ; la vis à eau, la poulie, vers 400, attribuées à Archytas de Tarente, ainsi d'ailleurs qu'une « colombe volante » – un cerf-volant ? – ; l'engrenage, la grue à trois poulies – palan –, attribués à Archimède (287-212) ; sans compter les diverses armes et instruments d'assauts et de fortifications, béliers, tours, catapultes, etc.).

Ce machinisme a quelques racines dans la période qui nous intéresse, avec un degré de technicité cependant inférieur et un moindre appel à la théorie. L'encadré 101 (ci-dessous) en donne quelques exemples.

101. QUELQUES TECHNICIENS GRECS DES VII^e ET VI^e SIÈCLES

Glaucos de Chio (617-560) : *art de souder le fer*

Anacharsis le Scythe (acmé vers 589) : *ancres, soufflet de forge, roue de potier*
 Théodore de Samos (VII^e siècle av. J.-C., semi-légendaire) : *perfectionnement de l'usage du levier, de la serrurerie, construction d'un tour, recette de la fonte du bronze (statue).*
 Eupalinos de Mégare (VI^e siècle av. J.-C.) : *aqueduc de Samos (tunnel de 1 100 m de long, creusé à partir des deux extrémités, les deux parties se rejoignent avec un décalage latéral de 6 m et vertical de 2 m)*
 Mandroclès (VI^e siècle av. J.-C.) : *technique des ponts* (pont sur le Bosphore pour Darius en 513)
 Chersiphron et Métagène (VII^e siècle av. J.-C.) : *machines de transport pour les matériaux lourds*

Bon nombre de ces inventions techniques, surtout à partir du IV^e siècle mais peut-être auparavant (le tunnel d'Eupalinos par exemple – voir encadré 101 –, à moins qu'il n'ait utilisé comme points de repère les puits verticaux qui servaient à l'aération), sont en rapports étroits avec l'évolution de la mathématique ; soit parce qu'elles étaient des applications des progrès de celle-ci, soit parce que la mathématique elle-même progressait en fonction des questions que lui posait la technique (ou même selon le modèle que lui donnait la technique). Mais il faut souligner que, lorsque ce machinisme se développe, la mathématique a déjà pris son essor (voir ci-après, notamment le chapitre consacré à l'école pythagoricienne) ; si donc les progrès de la mathématique sont liés (dans un sens ou dans l'autre, et sans doute dans les deux) à la technique des machines, ce n'est pas dans cette technique qu'elle trouve son origine. On aura l'occasion d'y revenir.

L'ÉCRITURE

Comme on l'a dit dans la brève présentation historique, il y eut dans le monde égéen une première écriture, essentiellement crétoise et mycénienne, qui fut « oubliée » après l'invasion dorienne de 1200 av. J.-C., puis une « ré-invention » vers le milieu du VIII^e siècle av. J.-C., celle de ce qui est resté l'alphabet grec.

La Crète a développé deux systèmes d'écriture qui nous sont parvenus à l'état de vestiges sur des tablettes d'argile : une écriture de type hiéroglyphique (entre 2100 et 1700 environ) et une écriture dite « linéaire », c'est-à-dire cursive (entre 1700 et 1200 environ).

On distingue deux types de hiéroglyphes crétois ; anciens et récents, soit A (2100-1900) et B (1900-1700). L'encadré 102 en présente les principaux ; on voit qu'ils sont très « réalistes » et rappellent ceux de l'Égypte, tout en étant moins développés et moins « artistiques ».

Les écritures linéaires dérivent sans doute des hiéroglyphes par simplification et

schématisation du tracé. Tout d'abord, le Linéaire A (1700-1450), puis le Linéaire B (1450-1200). De toutes ces écritures, seul le Linéaire B a été déchiffré ; c'est une écriture syllabique de 87 signes, dont l'encadré 103 donne la valeur phonétique. La langue qu'il servait à écrire est une langue grecque archaïque ; ce qui laisse penser qu'à l'époque du Linéaire B, les Grecs avaient déjà supplanté les Crétois à Cnossos (d'où proviennent bon nombre de ces tablettes) et, d'autre part, que ce Linéaire B est une modification du linéaire A (qui est peu différent et proviendrait de l'écriture hiéroglyphique) en vue de l'adapter à la langue grecque. L'évolution de l'écriture aurait donc été la suivante : hiéroglyphes A puis B (d'origine pictographique), transformation en une écriture linéaire (Linéaire A) avec sans doute une évolution vers le phonétisme, et enfin adaptation de ce Linéaire A en un Linéaire B pour écrire une langue grecque (au lieu de la langue originelle de la Crète).

102. LES HIÉROGLYPHES CRÉTOIS

(Réf. : *Evans. Scripta Minou. 1909* ; © Oxford University Press)

A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B
 x	 	 	x 	 	 x		 x	 x	 x
 		 x	x 	 x	 	 	 x	 x	x
x 	x 	 	x 	 	 x	x 	 	 x	 x
 x	 	 	 	 	 x	 x	 	 x	 
 x	x 	x 	x 	 x	 x	 x	 	 x	 x
 	 x	x 	x 	 	 x	 	 	 x	x
 x	x 	 	x 	 	 x	 	 	 x	
 x	 	 x	x 	 	 x	 	 	 x	
 	 	 	 	 x	 	 	 	 x	
 	 	 	 	 	 	 		x	
 	 	 	 	 	 	 			
 x	 	x 	 	 	 	 	 		

A : Hiéroglyphes gravés sur les sceaux

B : Hiéroglyphes gravés sur des tablettes d'argile, des sceaux

Des écritures assez proches de celles de Crète sont connues en différents points du monde égéen. Mais tout cela a été balayé lors des invasions doriennes, à l'exception toutefois de l'écriture syllabique chypriote (proche du Linéaire crétois) qui a subsisté jusqu'à l'époque grecque classique.

C'est au cours du VIII^e siècle que la langue grecque fut de nouveau écrite ; et cette écriture fut alors alphabétique ; c'est le premier vrai alphabet de l'histoire.

Cette écriture grecque dérive de l'écriture phénicienne. L'écriture phénicienne (horizontale, de droite à gauche) est une écriture consonantique, c'est-à-dire que

seules les consonnes sont notées (comme dans l'écriture phonétique égyptienne). La langue phénicienne est une langue de type sémitique, où le radical du mot est formé par des consonnes que l'on vocalise différemment selon le statut grammatical du mot (encadré 10, tome 1). Cependant, certaines consonnes sont « faibles », c'est-à-dire à mi-chemin entre la voyelle et la consonne (un peu comme la lettre *i* peut correspondre non seulement à la voyelle *i*, mais aussi à une semi-consonne comme dans *ia*, allemand *Ja*).

103. LE LINÉAIRE B

(Réf. : J. Chadwick – *Le déchiffrement du Linéaire B* (trad. P. Ruffel) – © Ed. Gallimard, Paris pour la traduction française)

01	𐤀	da	30	𐤀	mi	59	𐤀	la
02	𐤁	ra	31	𐤁	sa	60	𐤁	ra
03	𐤂	ra	32	𐤂	ro	61	𐤂	o
04	𐤃	le	33	𐤃	ra,	62	𐤃	pa
05	𐤄	lo	34	𐤄		63	𐤄	
06	𐤅	na	35	𐤅		64	𐤅	
07	𐤆	di	36	𐤆	jo	65	𐤆	ju
08	𐤇	e	37	𐤇	si	66	𐤇	ra,
09	𐤈	se	38	𐤈	e	67	𐤈	hi
10	𐤉	u	39	𐤉	pi	68	𐤉	ro,
11	𐤊	po	40	𐤊	mi	69	𐤊	in
12	𐤋	so	41	𐤋	si	70	𐤋	ho
13	𐤌	me	42	𐤌	wo	71	𐤌	dwa
14	𐤍	do	43	𐤍	ai	72	𐤍	pe
15	𐤎	mo	44	𐤎	ka	73	𐤎	mi
16	𐤏	ja,	45	𐤏	da	74	𐤎	ze
17	𐤐	za	46	𐤐	je	75	𐤎	we
18			47			76	𐤎	ra,
19	𐤑		48	𐤑	moa	77	𐤎	ka
20	𐤒	so	49	𐤒		78	𐤎	ge
21	𐤓	qi	50	𐤓	pu	79	𐤎	su
22	𐤔		51	𐤔	du	80	𐤎	ma
23	𐤕	mu	52	𐤕	no	81	𐤎	ku
24	𐤖	na	53	𐤖	ri	82	𐤎	
25	𐤗	a,	54	𐤗	wa	83	𐤎	
26	𐤘	ru	55	𐤘	nu	84	𐤎	
27	𐤙	re	56	𐤙	pa,	85	𐤎	
28	𐤚	i	57	𐤚	ja	86	𐤎	
29	𐤛	su,	58	𐤛	su	87	𐤎	

On ne connaît pas de manière sûre l'origine de cette écriture phénicienne ; peut-être dérive-t-elle de l'écriture cursive égyptienne, à moins qu'elle ne soit une création locale et originale. Elle date du ^{xiii}e siècle av. J.-C., et fut en usage (plus

ou moins modifiée) jusqu'au II^e siècle ap. J.-C. D'elle proviennent diverses écritures sémitiques (araméenne, hébraïque, et peut-être arabe via l'écriture araméenne). Elle fut développée par les commerçants phéniciens (dont les capacités de navigateurs étaient célèbres) pour les besoins de leur négoce. Cette origine « économique » n'est pas une nouveauté (c'est celle de l'écriture sumérienne, celle de l'écriture crétoise qui servait quasi exclusivement à tenir la comptabilité des palais si on en croit les tablettes retrouvées, etc.). Ce qui est nouveau est qu'elle n'est plus l'apanage d'une caste de scribes, mais accessible à tous (tout au moins dans la classe commerçante aisée) : il ne s'agit plus de gérer un domaine attaché à un palais ou un temple, mais de faire du commerce. C'est sans doute à cela qu'il faut rattacher son caractère pratique (phonétisme, petit nombre de signes ; donc facile à apprendre et s'adaptant à diverses langues) et sa plus grande souplesse (la caste des scribes imposant, elle, un certain conservatisme et une certaine rigidité).

L'alphabet grec dérive directement de l'écriture consonantique phénicienne. Les signes sont à peine modifiés, et on peut suivre leur évolution dans les divers alphabets. La principale modification est la notation des voyelles. La langue grecque est une langue indo-européenne et ne peut se passer de la notation des voyelles aussi facilement que les langues sémitiques (qui, d'ailleurs, les marquent plus ou moins par divers procédés). Son écriture va utiliser pour les voyelles les signes phéniciens correspondant à des consonnes que la langue grecque ne possède pas, et spécialement les signes des consonnes faibles que les langues sémitiques utilisent parfois comme voyelles (ainsi l'*alpha* grec dérive de la consonne faible phénicienne *aleph*, *epsilon* de *Hé*, *iota* de *yod*, *omicron* de *'ayin*, etc.). L'encadré 104 indique ces équivalences. Rappelons que la légende veut que ce soit Cadmus, fils d'un roi phénicien, fondateur de Thèbes et frère d'Europe, qui ait inventé et introduit l'écriture en Grèce.

Dans les faits, cette évolution de l'écriture phénicienne en écriture grecque partit dans plusieurs directions et donna des alphabets grecs légèrement différents selon les régions et les époques (encadré 104). Ce fut finalement l'alphabet de Milet (sur la côte ionienne, non loin de la Phénicie) qui l'emporta et devint l'alphabet grec classique (Athènes l'adopta officiellement en 403 – soit quatre ans avant la mort de Socrate).

À la faveur des mouvements de populations, et spécialement des colonisations grecques, l'écriture alphabétique (dans ses variantes grecques) se répandit et pénétra notamment en Italie, où elle se transforma en divers alphabets étrusques et en l'alphabet latin (vers la fin du VII^e siècle av. J.-C.), alphabet latin que nous utilisons.

L'encadré 104 présente quelques alphabets grecs anciens et l'alphabet grec classique, comparés à l'écriture consonantique phénicienne. Il donne le nom des signes dans l'un et l'autre cas. On suppose que le nom des signes phéniciens dérive du nom des objets qu'ils représentaient originellement ; mais c'est encore très largement une hypothèse.

LA MONNAIE

Outre sa réputation de grande richesse (due aux sables aurifères du fleuve Pactole), le roi Crésus de Lydie (règne 560-546) est censé avoir inventé la monnaie. Si la Lydie (capitale Sardes) ne fait pas partie à proprement parler du monde grec, elle en est suffisamment proche géographiquement (voir carte page 8) et eut assez de relations avec lui pour qu'on puisse inclure cette invention dans ce chapitre consacré au monde égéen (Thalès passe même pour avoir été un conseiller de Crésus, lorsqu'il s'agit de résister aux invasions perses en Asie Mineure).

104. COMPARAISON DES ÉCRITURES PHÉNICIENNE ET GRECQUES

(Réf. : *Ifrah, Chabot*)

Les lettres grecques *Digamma*, *San* et *Koppa* sont tombées peu à peu en désuétude.

La colonne de gauche indique la signification des mots désignant les lettres phéniciennes (*Alef* = bœuf, par exemple). La valeur de la lettre correspond à l'initiale du mot. Le signe vient peut-être du pictogramme correspondant au mot (par exemple, le signe *Alef* viendrait de la représentation d'une tête de bœuf).

Signes (et noms) à l'origine des lettres phéniciennes.	Ecriture consonnant. phénicienne	Alphabets grecs de				Alphabet grec classique
		Théra	Milet	Corinthe	Béotie	
Ⲁ boeuf	Aléf	Ⲁ Ⲁ	Α Α	Α Α	Α Δ	Α α Alpha
ⲁ maison	Béi	ⲁ ⲁ	Β Β	Β Β	Β Β	Β β Bêta
Ⲃ charneau (?)	Guimel	Ⲃ Ⲃ	Γ Γ	Γ Γ	Γ Γ	Γ γ Gamma
ouverture de tente	Dale	ⲃ ⲃ	Δ Δ	Δ Δ	Δ Δ	Δ δ Delta
	Ilé	Ⲅ Ⲅ	Ε Ε	Ε Ε	Ε Ε	Ε ε Epsilon
	Waw	ⲅ ⲅ	Ϝ Ϝ	Ϝ Ϝ	Ϝ Ϝ	Ϝ Ϝ Digamma
Ⲉ olivier	Zayin	Ⲉ Ⲉ	Ζ Ζ	Ζ Ζ	Ζ Ζ	Ζ ζ Zéta
Ⲋ barrière	Héi	Ⲋ Ⲋ	Θ Θ	Θ Θ	Θ Θ	Θ θ Eta
	Téi	ⲋ ⲋ	ⲋ ⲋ	ⲋ ⲋ	ⲋ ⲋ	ⲋ ⲋ Théta
Ⲍ bras	Yod	Ⲍ Ⲍ	Ι Ι	Ι Ι	Ι Ι	Ι ι Iota
ⲍ paume de main	Kaf	ⲍ ⲍ	Κ Κ	Κ Κ	Κ Κ	Κ κ Kappa
ⲏ crosse	Lamed	ⲏ ⲏ	Λ Λ	Λ Λ	Λ Λ	Λ λ Lambda
Ⲑ eau	Mém	Ⲑ Ⲑ	Μ Μ	Μ Μ	Μ Μ	Μ μ Mu
ⲑ serpent	Noun	ⲑ ⲑ	Ν Ν	Ν Ν	Ν Ν	Ν ν Nu
	Samekh	Ⲓ Ⲓ	Ξ Ξ	Ξ Ξ	Ξ Ξ	Ξ ξ KSi
ⲓ œil	'ayin	ⲓ ⲓ	Ο Ο	Ο Ο	Ο Ο	Ο ο Omicron
Ⲕ bouche	Pé	Ⲕ Ⲕ	Π Π	Π Π	Π Π	Π π Pi
	Sadé	ⲕ ⲕ	Ϻ Ϻ	Ϻ Ϻ	Ϻ Ϻ	Ϻ Ϻ San
Ⲗ singe	Qof	Ⲗ Ⲗ	Ϙ Ϙ	Ϙ Ϙ	Ϙ Ϙ	Ϙ Ϙ Koppa
ⲗ iêre	Resh	ⲗ ⲗ	Ρ Ρ	Ρ Ρ	Ρ Ρ	Ρ ρ Rô
Ⲙ dent	SHin	Ⲙ Ⲙ	Σ Σ	Σ Σ	Σ Σ	Σ σ Sigma
ⲙ marque	Taw	ⲙ ⲙ	Τ Τ	Τ Τ	Τ Τ	Τ τ Tau
Ⲏ appui-ête		Ⲏ Ⲏ	Υ Υ	Υ Υ	Υ Υ	Υ υ Upsilon
			Ϝ Ϝ	Ϝ Ϝ	Ϝ Ϝ	Ϝ Ϝ Phi
			Χ Χ	Χ Χ	Χ Χ	Χ χ KHi
			Ψ Ψ	Ψ Ψ	Ψ Ψ	Ψ ψ Psi
Ⲑ deux O			Ω Ω			Ω ω Oméga

105. LA MONNAIE GRECQUE À ATHÈNES

Unités de poids :

1 talent = 60 mines (= 30 kg environ)
(voir encadré 111 page 39)

Unités de monnaie :

1 drachme = 1/100 mine = 6 oboles
1 décadrachme = 10 drachmes
1 tétradrachme = 4 drachmes
1 didrachme (statère) = 2 drachmes
1 tétroble = 4 oboles
1 hémidrachme (trioble) = 3 oboles
1 dioble = 1/3 drachme = 2 oboles
1 obole et demi = 1/4 drachme

1 obole = 1/6 drachme

1/2 obole

(rare : 5 oboles)

Les pièces sont en argent ou en or (le statère d'or attique vaut 24 drachmes d'argent attiques, soit une correspondance de 1 à 12). Des petites pièces de cuivre ont aussi été utilisées (1 chalque = 1/8 obole, 1 double-chalque = 1/4 obole).

Avant cette invention de la monnaie, le commerce utilisait divers objets et substances comme instruments d'échange (ainsi, il existait à Babylone une « monnaie d'orge » ; ce pouvait être aussi la tête de bétail qui servait d'unité monétaire ; c'était souvent des métaux précieux, des anneaux d'or en Égypte par exemple). L'invention attribuée à Crésus consiste à marquer des lingots de métaux de signes conventionnels et d'effigies en garantissant le poids (parallèlement, la pierre de touche permettait d'évaluer la pureté de l'or, selon la couleur de la trace que celui-ci laisse sur la pierre). Toute l'invention revient donc à une normalisation des lingots et à la garantie de leur valeur que l'autorité donnait par l'apposition de ces signes. L'évolution de ces lingots donna les diverses pièces de monnaie (telles que nous les connaissons encore aujourd'hui).

Le système monétaire grec était fondé sur le poids en métal de ces pièces. Il varie selon les régions et les époques. L'encadré 105 en donne le principe général.

À première vue, une telle invention de la monnaie peut paraître accessoire, et sans grandes conséquences. Elle s'inscrit toutefois dans un mouvement de pensée beaucoup plus large qui affecte le monde grec des VII^e, VI^e et V^e siècles av. J.-C. ; mouvement de pensée dont nous reparlerons et qui comprend notamment, outre la monnaie, les principes constitutionnels déjà évoqués dans la présentation historique, l'invention de l'alphabet et une tendance philosophique que nous étudierons un peu plus loin dans cet ouvrage.

Pour le moment, comparons cet alphabet et cette monnaie, « inventés » dans la même région à peu de temps l'un de l'autre. L'alphabet est l'aboutissement de l'évolution de l'écriture vers le phonétisme ; on a alors tout à fait renoncé à représenter le sens dans cette écriture pour ne noter que le son ; l'écriture n'utilise plus qu'un système conventionnel de signes (les lettres) n'ayant aucun sens en eux-mêmes, mais se prêtant bien, par leurs combinaisons, à l'expression de tous les sens possibles par la notation des sons du langage.

La première forme de commerce a sans doute été le troc ; l'utilisation de monnaies comme l'orge ou le bétail est une première évolution, mais légère car l'orge et le bétail sont utilisés pour autre chose que le commerce, il s'agit donc d'un commerce encore proche du troc. L'utilisation de métaux, et même de métaux précieux, comme « instruments monétaires » ne change pas considérablement les choses (car les métaux ne servent pas qu'au commerce, même les métaux précieux ont une valeur autre que d'échange – on peut en faire des bijoux par exemple). L'invention de la monnaie, telle qu'elle a été évoquée ci-

dessus, change tout : on pourrait certes utiliser le lingot (ou la pièce) de métal marqué des signes monétaires et de l'effigie (puisque sa valeur est fonction de son poids en métal), mais on conçoit que son véritable intérêt et sa principale valeur est son rôle dans les échanges commerciaux (avec détermination des prix des objets échangés) ; un tel lingot métallique n'a plus de valeur d'usage, mais seulement une valeur d'échange. En cela, il est très proche des lettres de l'alphabet, qui n'ont plus aucune valeur sémantique (comme pouvaient en avoir les idéogrammes), mais seulement une valeur sonore applicable à l'expression de n'importe quel sens par leurs combinaisons (tout comme la pièce de monnaie se prête à n'importe quel échange commercial selon le principe des prix, qui dit que tel ou tel objet vaut tant ou tant de pièces de monnaie). Ceci s'accentuera encore quand, bien des siècles plus tard, on utilisera la monnaie de papier (où la valeur d'usage des billets est quasiment nulle).

Une telle comparaison alphabet/monnaie, valeur sémantique/valeur d'usage, valeur sonore/valeur d'échange, est très sommaire et partiellement fausse. Nous essayerons de l'améliorer et de l'affiner un peu plus loin ; il nous a seulement semblé utile de la remarquer dès maintenant.

LA NUMÉRATION

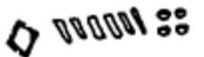
La Crète possédait une numération écrite, de base 10, procédant par la juxtaposition et l'addition des symboles (comme la numération égyptienne). Tout comme pour son écriture, on distingue une forme hiéroglyphique et une forme linéaire (en numération, les Linéaires A et B sont quasiment identiques). L'encadré 106 donne les différents symboles et la manière de les composer. Cette numération écrite fut balayée avec le reste de la civilisation créto-mycénienne par les invasions « doriennes » en 1200 av. J.-C.

106. LES CHIFFRES CRÉTOIS

(d'après Ifrah)

	1	10	100	1000	10000
Hiéroglyphes	/	•	/	◊	?
	)				
	c				
	u				
	o				
Linéaire A		•	○	⊙	?
		—			
Linéaire B		—	○	⊙	⊙ —

Exemples

 684 en Linéaire B
 1640 en Hiéroglyphes

La numération grecque proprement dite est également décimale. On distingue deux manières de l'écrire : la numération dite « acrophonique » (ou hérodiannique) et la numération alphabétique. L'acrophonique est la plus primitive, mais toutes deux ont longtemps coexisté. Elles sont apparues assez tardivement, alors que l'usage de l'alphabet était déjà implanté (elles utilisent toutes deux des lettres), vers 450 av. J.-C. L'acrophonique cessa d'être utilisée vers 100 av. J.-C. ; la littérale, qui ne se développa vraiment qu'à partir de l'époque alexandrine (donc plus tard que la période qui nous intéresse ici), persista en Orient jusqu'au Moyen-Age.

La numération acrophonique ne permet de noter que les nombres cardinaux, et a servi surtout en métrologie, notamment pour noter les sommes monétaires. Ses symboles sont simplement les initiales des noms des principaux nombres en système décimal (5, 10, 100, 1 000 et 10 000), l'unité étant représentée par un trait vertical. L'encadré 107 explique la manière dont les différents nombres sont écrits à partir de ces symboles, ainsi que la constitution de nouveaux symboles pour 50, 500, 5 000 et 50 000. Sa qualification d'« acrophonique » (Guittel) lui vient de ce que ses symboles sont les premières lettres des noms des nombres (en fait, il y a là un petit abus de langage, car l'acrophonie consiste en la constitution d'une écriture phonétique par l'utilisation d'idéogrammes auxquels on attribue

comme valeur phonétique la première syllabe du mot qu'ils représentent).

La numération alphabétique utilise aussi des lettres, mais elle leur accorde une valeur selon la place qu'elles occupent dans l'alphabet. Cet alphabet numéral conserve les lettres *digamma*, *koppa* et *san* qui étaient tombées en désuétude à l'époque classique et ne figuraient plus dans l'alphabet « littéral ». Leur conservation dans la numération écrite se comprend facilement par la nécessité du nombre et de l'ordre des symboles. L'encadré 108 (page 34) explique la manière dont sont composés ces symboles pour noter les différents nombres, et notamment les grands nombres.

Ni l'une ni l'autre de ces numérations écrites n'est très pratique ; la seconde est particulièrement incommode vu le nombre de symboles différents qu'elle utilise. Cette inconvénient a sans doute joué dans la manière pythagoricienne de représenter les nombres par des ensembles de points disposés géométriquement – on y reviendra dans le chapitre III de cette seconde partie. Signalons enfin que la numération grecque n'a jamais été « de position » et n'a jamais connu le zéro.

107. LA NUMÉRATION ACROPHONIQUE GRECQUE

(Réf. : Guitel, *Ifrah*)

1	Ι
5	Ϛ
10	Δ
50	ϚϚ
100	Η
500	ϚΗ
1000	Χ
5000	ϚΧ
10000	Μ
50000	ϚΜ

Les signes pour les nombres 5, 10, 100, 1000 et 10000 sont les lettres Ϛ (forme archaïque de *Pi* π), Δ (*Delta*), Η (*Eta*), Χ (*KHi*) et Μ (*Mu*) qui sont les initiales de Πεντε (*Penté*, cinq), Δεκα (*Déka*, dix), Ηεκατον (*Hékaton*, cent), Χιλιοι (*KHilioi*, mille) et Μυριοι (*Murioi*, myriade, dix-mille).

Les signes 50, 500, 5000 et 50000 sont composés ainsi :

50		=	$\Gamma . \Delta$	5 x 10
500		=	$\Gamma . H$	5 x 100
5000		=	$\Gamma . X$	5 x 1000
50000		=	$\Gamma . M$	5 x 10000

On trouve parfois

100000		=	$\Delta . M$	10 x 10000
1000000		=	$H . M$	100 x 10000

Exemples : 12 ΔII 154 $H \overline{P} III$ 755 $\overline{P} H H \overline{P} \Gamma$ 6221 $\overline{P} X H H \Delta \Delta I$

Cette numération servait surtout pour noter les sommes de monnaie, aussi y incorporait-on (en général à la place des symboles des unités (I), mais aussi ailleurs) le symbole de la drachme (t) ou du talent (T), les unités monétaires.

3633 drachmes $X X X \overline{P} H \Delta \Delta \Delta H \dagger$

598 talents $\overline{P} \overline{P} \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \overline{P} T T T$

Il y eut plusieurs systèmes de notation des fractions. L'un ne pouvait noter que les fractions de numérateur 1 (comme le système égyptien, dont peut-être il dérive – tandis que la numération alphabétique serait imitée de celle des Phéniciens) ; on indiquait seulement le dénominateur auquel on adjoignait le signe ' en haut à droite (ne pas confondre avec le signe ' que l'on mettait en haut à gauche pour indiquer les milliers – voir encadré 108) ; par exemple θ' signifie 1/9. Pour les fractions dont le numérateur est différent de 1, on superposait le dénominateur au numérateur (l'inverse de ce que nous faisons) ; ainsi on notait 3/17 par $\cdot$. Enfin, plus tardivement, avec l'introduction des tables astronomiques chaldéennes, les Grecs adoptèrent pour les fractions le système sexagésimal positionnel en vigueur en Mésopotamie (degré, minute, seconde), non seulement pour les valeurs d'angles ou d'arcs de cercle, mais parfois aussi pour les mesures de longueur ou autres (en utilisant cependant les symboles numériques alphabétiques, et non les cunéiformes). Ce système combine ainsi les signes alphabétiques grecs et le système sexagésimal positionnel, permettant de noter les nombres fractionnaires selon le même principe que notre numération positionnelle décimale avec sa virgule (par exemple, 35 degrés 15 minutes 49 secondes, soit 35 unités 15/60 49/3600, s'écrit : *morion* $\lambda \epsilon \iota \epsilon' \mu \theta''$ – *morion* signifie « partie » ; les signes ' et '' désignant les minutes et les secondes sexagésimales ; le signe ', minute, dérive de celui utilisé pour noter la valeur fractionnaire d'un nombre – voir ci-dessus –, le signe '', seconde, dérivant, lui, de celui de minute).

108. LA NUMÉRATION ALPHABÉTIQUE GRECQUE

(Réf. : Guitel. Ifrah)

1	A	α	Alpha	1000	'A	Pour écrire les milliers, on reprend les lettres des unités et on leur ajoute, en général à gauche, le signe '.
2	B	β	Bêta	2000	'B	
3	Γ	γ	Gamma	3000	'T	
4	Δ	δ	Delta	4000	'Δ	
5	E	ε	Epsilon	5000	'E	
6	Ϛ	ϙ	Digamma	6000	'Ϛ	
7	Z	ζ	Dzêta	7000	'Z	
8	H	η	Êta	8000	'H	
9	Θ	θ	Thêta	9000	'Θ	

10	I	ι	Iota	10000	^α M	Pour écrire les dizaines de milliers, on utilise le signe M (Myriade : Μυριαί), et on le surmonte de la lettre correspondant au nombre de dizaines de milliers. Après 90 000, on poursuit de la même manière. Ainsi : ^{1α} M 110 000 On peut aller jusqu'à 99 990 000 ⁹⁹⁹⁹ M
20	K	κ	Kappa	20000	^β M	
30	Λ	λ	Lambda	30000	^γ M	
40	M	μ	Mu	40000	^δ M	
50	N	ν	Nu	50000	^ε M	
60	Ξ	ξ	Ksi	60000	^ς M	
70	O	ο	Omicron	70000	^ζ M	
80	Π	π	Pi	80000	^η M	
90	Ϛ	ϙ	Koppa	90000	^θ M	

100	P	ρ	Rhê	<i>Quelques exemples :</i> 13 ¹³ Γ 25 ²⁵ KE 37 ³⁷ ΛZ 86 ⁸⁶ HΛ 125 ¹²⁵ PKE 364 ³⁶⁴ TΔA 1475 ¹⁴⁷⁵ 'AYOE (Pour distinguer les lettres-lettres et les lettres-chiffres, on surmonte celles-ci d'un petit trait)		
200	Σ	σ	Sigma			
300	T	τ	Tau			
400	Υ	υ	Upsilon			
500	Φ	φ	Phi			
600	X	χ	Khi			
700	Ψ	ψ	Psi			
800	Ω	ω	Oméga			
900	Ϟ	ϟ	San			

La numération écrite grecque est donc assez hétérogène, souvent mal définie (fractions, par exemple) et mal commode. C'est avec ce système peu pratique que les Grecs vont devoir calculer et faire des mathématiques (arithmétique et géométrie).

LE CALCUL

Comme tous les peuples de l'Antiquité, les Grecs utilisèrent les planches à calcul, les abaques, les bouliers, etc. pour faire les diverses opérations du calcul. Mais ils savaient aussi faire ces opérations en les « posant par écrit » de manière comparable à ce que nous faisons.

Les additions et les soustractions étaient faites selon le même principe que les

nôtres, en écrivant les nombres à additionner (ou à soustraire) l'un en dessous de l'autre. Comme la numération n'était pas de position, l'opération était moins simple que dans notre système, mais néanmoins réalisable.

Les multiplications se faisaient également comme les nôtres, c'est-à-dire en établissant les produits partiels que l'on additionne ensuite, à ceci près que les Grecs commençaient « par la gauche », c'est-à-dire par les plus fortes puissances de 10. Ce sens du calcul, joint au fait que la numération n'était pas « de position », rendait les multiplications assez difficiles. Les divisions étaient encore plus compliquées, si ce n'est impossibles sinon pour un spécialiste.

Pour s'aider dans ces calculs, les Grecs disposaient de diverses tables leur donnant un certain nombre de résultats « tout prêts ». Les encadrés 109 et 110 présentent deux de ces tables : une de multiplication des nombres de 1 à 10 par 2 et par 3 (sur une tablette de cire), et une des carrés des nombres de 1 à 10, puis 20, 30, 40, ..., 100, 200, ... 800 (avec les lacunes dues à l'altération du papyrus sur lequel elle était inscrite).

LA MÉTROLOGIE

La métrologie, surtout à l'époque qui nous intéresse, n'était pas bien unifiée entre les différentes cités grecques. L'encadré 111 (page 39) indique quelles étaient les unités les plus usitées (la valeur de ces unités pouvant varier d'une cité à l'autre). Les différents systèmes de mesures (longueur, surface, ...) ne sont pas accordés au système décimal de la numération (comme notre système métrique est accordé à notre numération décimale, ou comme le système mésopotamien l'était à la numération sexagésimale). En outre, si les mesures de longueur et de surface sont liées entre elles, elles ne le sont pas aux mesures de volume, et ces dernières ne le sont pas aux mesures de poids (contrairement à notre système et à celui des Mésopotamiens, voir encadré 18, tome 1).

109. TABLE DE MULTIPLICATION PAR 2 ET 3

(Réf. : *Mugler, Guitel, Ifrah*)

Tablette de Cire (*British Museum Add. 34186*)

  	  	A A A Γ A Γ B A B Γ B Γ B B A Γ Γ θ B Γ Γ Γ Δ I B B Δ H Γ E I E B E I Γ Γ I H B Γ I B Γ Z K A B Z I Δ Γ H K Δ B H I Γ Γ θ K Z B θ I H Γ I A B I K	1x1=1 2x1=2 2x2=4 2x3=6 2x4=8 2x5=10 2x6=12 2x7=14 2x8=16 2x9=18 2x10=20	3x1=3 3x2=6 3x3=9 3x4=12 3x5=15 3x6=18 3x7=21 3x8=24 3x9=27 3x10=30
---	---	---	--	--

110. TABLE DE CARRÉS

(Réf. : Guéraud et Jouguet, Ifrah)

Papyrus du III^e siècle av. J.-C. (Musée du Caire, n° 65445)

5	5	κ	5	5	7
z	z	λς	5	5	λ
h	h	μθ	5	5	λ
θ	θ	ΞΔ	5	5	λ
ι	ι	πλ	5	5	λ
κ	κ	ρ	5	5	λ
λ	λ	τ	5	5	λ
μ	μ	π	5	5	λ
		λχ	5	5	λ

ε	ε	κε	υ	υ	ηρ
ς	ς	λς	ρ	ρ	α
z	z	μθ	ς	ς	α
h	h	ΞΔ	τ	τ	α
θ	θ	πλ	υ	υ	α
ι	ι	ρ	φ	φ	α
κ	κ	τ	χ	χ	α
λ	λ	π	ψ	ψ	α
μ	μ	λχ	ω	ω	α

	5	25		90	8100
6	6	36	100	100	10000
7	7	49	200	200	40000
8	8	64	300	300	90000
9	9	81	400	400	160000
10	10	100	500	500	250000
20	20	400	600	600	360000
30	30	900	700	700	490000
40	40	1600	800	800	640000

111. LA MÉTROLOGIE GRECQUE

Mesures de longueur

1 pied = 0, 30 m environ (plus ou moins selon les régions et les époques ; le pied attique valait 0, 296 m, le pied éginétique 0, 328 m, par exemple)

1 pied = 16 doigts

= 8 condyles

= 4 palmes (doron) = 2 demi-pieds

= 4/3 empan (spithane)

1 pygmè = 9/8 pied

1 pygon = 5/4 pied

1 coudée = 1, 5 pied

1 pas = 2, 5 pieds

1 brasses (orgye) = 6 pieds

1 perche (acène) = 10 pieds

1 corde = 60 pieds

1 borne (plèthre) = 100 pieds

1 stade = 600 pieds

(1 stade olympique = $600 \times 0, 32045 = 192, 27$ m)

Mesures de surface

L'unité de surface était le pied-carré (= 0, 09 m² environ). Les unités de mesures agraires les plus usitées étaient la perche-carrée (= 100 pieds-carrés) et la borne-carrée (= 10 000 pieds-carrés).

Mesures de volume

Il existait un système de mesures de capacité pour les liquides et un pour les corps secs.

Pour les liquides (système de Solon)

1 cyathe = 0, 046 litre

1/2 conge = 6 cotyles

1 oxybaphon = 1, 5 cyathe

1 cotyle = 6 cyathes

1 xeste = 12 cyathes = 0, 552 litre

1 conge = 12 cotyles

1 amphore = 1/2 métrète

1 métrète = 144 cotyles

Pour les corps secs (système de Solon)

1 ration (choenix) = 4 cotyles = 1, 1 litre

1 demi-setier (hémiecte) = 16 cotyles

1 setier (ecte) = 32 cotyles

1 médimne = 6 setiers = 53 litres

Mesures de poids

1 talent = 30 kg environ (plus ou moins selon les régions et les époques ; avant Solon, le talent employé était le talent éginète qui pesait 37, 11 kg ; après sa réforme, le talent, nommé « attique », pesait 25, 92 kg)

1 talent = 60 mines

1 mine = 100 drachmes

1 drachme = 6 oboles

1 obole = 3 siliques = 8 chalques

Étaient aussi utilisés la 1/2 obole et le 1/4 obole.

Il semble que la métrologie grecque ait subi la double influence des Mésopotamiens et des Égyptiens. Par exemple, les relations des mesures de longueur, *pied*, *demi-pied*, *palme*, *condyle*, *doigt*, rappellent la décomposition de l'œil d'Horus selon les puissances de 2 (encadré 69, tome 1), tandis que celles des *pied*, *brasse*, *perche*, *corde*, *borne*, *stade*, sont comparables au principe mésopotamien qui combine les multiples de 6 et de 10. Les mesures de poids (reprises pour les monnaies, voir encadré 105 page 28) sont également proches du système mésopotamien.

Solon (594 av. J.-C.) ne réforma pas seulement le régime politique, mais aussi la monnaie et les mesures (les deux allant ensemble pour ce qui concerne les mesures de poids – le *talent* a ainsi été « allégé » lors de cette réforme). Il semblerait que le principe binaire, inspiré de l'œil d'Horus des Égyptiens, ait alors été « favorisé » aux dépens du principe sexagésimal.

LE CALENDRIER

Pas plus que la métrologie, le calendrier n'était unifié entre les différentes cités grecques aux VI^e et V^e siècles av. J.-C. Comme ce fut sans doute le cas pour la plupart des peuples de l'Antiquité, les préoccupations de dates et de calendrier ont d'abord été engendrées par les nécessités agricoles, la répartition des travaux

selon les saisons. La littérature grecque a conservé une trace de cette origine dans le poème d'Hésiode (VIII^e siècle av. J.-C.) *Les Travaux et les Jours*. L'encadré 112 (page suivante) en donne quelques extraits. On notera l'importance donnée aux observations des astres, aux migrations des oiseaux ; d'une manière générale, le texte d'Hésiode laisse une impression de « naturalité » d'un tel calendrier, « naturalité » qui était bien moindre dans l'équivalent babylonien présenté dans l'encadré 53, tome 1, où l'aspect magique prévalait. On n'en conclura pas pour autant que le mythe et la magie n'intervenaient pas dans la division du temps chez les anciens Grecs ; mais il est très vraisemblable qu'ils y intervenaient bien moins qu'en Mésopotamie, ou même qu'en Égypte. Il faut aussi se souvenir de ce que la civilisation grecque du temps d'Hésiode était beaucoup plus primitive que les civilisations mésopotamienne et égyptienne contemporaines, qui possédaient depuis longtemps une astronomie et un calendrier beaucoup plus élaborés.

112. LES TRAVAUX ET LES JOURS DANS LA GRÈCE DU VIII^e SIÈCLE

(Réf. *Hésiode, trad. P. Mazon – Éd. Les Belles Lettres, Paris*)

Au lever des Pléiades, filles d'Atlas, commencez la moisson, les semailles à leur coucher. – Elles restent, on le sait, quarante nuits et quarante jours invisibles ; mais l'année poursuivant sa course, elles se mettent à reparaître quand on aiguise le fer. – Voici la loi des champs, [...]

Quand la fougue du soleil aigu suspend sa moite ardeur, que le tout-puissant Zeus verse les pluies d'automne et que le corps de l'homme devient plus agile – c'est le moment où Sirius, au-dessus de la tête des humains voués au trépas, chemine peu durant le jour et emprunte plutôt aux nuits – alors le bois, qu'abat la hache risque le moins d'être attaqué des vers ; [...]

Faites attention au moment où vous entendez la voix de la grue lancer du haut des nuages son appel de chaque année. Elle apporte le signal des semailles et annonce la venue de l'hiver pluvieux. [...]

Si tu attends les jours où tourne le soleil pour labourer la terre divine, tu moissonneras accroupi le peu d'épis que saisira ta main ; [...]

Quand Zeus, après qu'a tourné le soleil, a parfait soixante jours d'hiver, la constellation d'Arcture quitte le cours sacré de l'Océan et monte, radieuse, du milieu des ténèbres. Alors la fille de Pandion, l'hirondelle au gémissement aigu, s'élance vers la lumière : c'est le printemps nouveau qui naît pour les hommes. Avant qu'il soit là, songe à tailler tes vignes : c'est le bon moment. [...]

Et quand Orion et Sirius auront atteint le milieu du ciel, et qu'Aurore aux doigts de rose pourra voir Arcture, alors Persès, cueille et rapporte chez toi toutes tes grappes. [...]

Est-ce la navigation périlleuse dont le désir te possède ? Souviens-toi alors

que, quand les Pléiades, fuyant devant la Force puissante d'Orion, tombent dans la mer embrumée, c'est le moment où bouillonnent les souffles de tous vents. C'est donc le moment aussi, souviens-t'en, de ne plus diriger de vaisseau sur la mer vineuse, mais de travailler la terre, [...]

C'est cinquante jours, à partir du moment où tourne le soleil, au cœur lourd de l'été, que, pour les mortels, dure la saison navigante. Alors tu ne briseras pas tes vaisseaux, et la mer ne prendra pas tes équipages, [...] Alors les brises sont franches, et la mer sans danger. [...]

Le calendrier grec proprement dit était un calendrier lunaire. L'année était faite de 12 mois lunaires, d'abord de 30 jours, puis de 29 et 30 jours alternativement (le premier jour du mois était fixé par l'apparition de la Lune dans le ciel). En cela il se rapproche du calendrier babylonien, mais, à la différence de celui-ci, il fait commencer l'année au solstice d'été (au lieu de l'équinoxe de printemps). Ces 12 mois lunaires (dont les noms, dans le calendrier athénien, sont donnés dans l'encadré 113) ne font que 354 jours ; il faut donc de temps en temps procéder à des corrections pour rétablir la correspondance avec l'année solaire de 365 jours. Pour cela, comme à Babylone, on ajoutait de temps en temps un mois supplémentaire à l'année (en général c'était le 6^e mois qui était redoublé, parfois le 1^{er}). Il est probable qu'au début cet ajout se faisait quand le décalage était trop sensible, puis il a suivi un cycle déterminé. On connaît plusieurs de ces cycles, mais on ne sait pas très bien quand ni comment ils ont été appliqués. Il semble qu'après des essais approximatifs (1 mois en plus tous les 2 ans – ce qui est trop – 1 mois en plus tous les 3 ans – ce qui n'est pas assez –) on ait adopté un cycle de 8 ans où s'intercalent 3 mois de 30 jours (les 3^e, 5^e et 8^e années), ce qui fait 2 922 jours pour 8 ans (soit 365, 25 jours par an). Le cycle de Méton, astronome grec du v^e siècle av. J.-C. (235 lunaisons en 19 ans), appliqué dans le calendrier babylonien, n'aurait pas été utilisé par le calendrier grec dans la période présocratique (peut-être plus tard, sous une forme améliorée par Callype, puis par Hipparque).

Les mois sont divisés en 3 décades (la 3^e décade des mois de 29 jours n'en faisant que 9), principe inspiré des décans égyptiens ; et les jours sont nommés selon leur position dans ces décades (sauf le premier et le dernier jour du mois, nommés en tant que tels). Chacun de ces jours est divisé en 24 heures, 12 heures de jour et 12 heures de nuit ; ce qui fait que la longueur des heures était variable ; principe lui aussi inspiré des Égyptiens.

113. LES MOIS ATHÉNIENS

1 30 Hécatombrin
2 29 Métageirion

3	30	Boadron	Septembre
4	29	Pjomespi	Octobre
5	30	Méuraet	Novembre
6	29	Pjuitéon	Décembre
		(his is i Posidabire)	Jeuteros
7	30	Gannélio	Janvier
8	29	Ajouthesté	Février
9	30	Ejaphébo	Mars
10	29	Mumsy	Avril
11	30	Jharsé	Mai
12	29	foirophurion	

Les années étaient comptées diversement selon les cités ; à Athènes selon les *archontes* (magistrats gouvernant la cité) ; à Sparte, selon les rois puis les *éphores* (magistrats) ; à Argos, selon les prêtresses de Junon. Pas plus qu'à Babylone et en Égypte, il n'y avait donc de référence fixe. Ce n'est que vers 300 av. J.-C. que les historiens utilisèrent les Olympiades comme points de repère (les Jeux Olympiques se déroulant tous les 4 ans et les premiers ayant eu lieu en 776 av. J.-C.) ; pratique qui subsista jusqu'en 394 ap. J.-C., date de la suppression des Jeux Olympiques.

LES SOURCES

Dans ce chapitre, nous nous sommes efforcés d'adopter la même démarche et le même plan que dans les deux chapitres précédents, consacrés à la Mésopotamie et à l'Égypte. Ce que nous ne pouvons continuer à faire ; il nous est impossible de parler maintenant des mathématiques, de la physique, de l'astronomie ou de la médecine de la Grèce présocratique (*a fortiori* de celles de la civilisation créto-mycénienne) dans les termes que nous avons utilisés pour ce qu'on pouvait considérer comme approximativement équivalent en Mésopotamie et en Égypte. Et cela pour plusieurs raisons.

Tout d'abord par manque de documents, et spécialement de documents écrits. Manque de documents qui s'explique par le fait que la civilisation grecque présocratique en a beaucoup moins produit que les civilisations étudiées dans les chapitres précédents ; parce qu'elle fut de moins longue durée que celles-ci ; parce qu'elle fut inférieure sur le plan technique, et d'une écriture beaucoup plus récente (même celle de la Crète, dont les tablettes, par ailleurs, sont assez pauvres en renseignements sur la civilisation) ; parce que le pays ne fut pas centralisé, ni dirigé à l'aide d'une administration (civile et religieuse) riche en scribes, mais morcelé en petites entités trop pauvres pour entretenir de tels fonctionnaires en grand nombre. De tout cela il s'ensuit qu'on ne trouve pas en Grèce présocratique de documents comparables aux tablettes mathématiques, aux

éphémérides des astrologues babyloniens, ou aux divers papyrus égyptiens évoqués précédemment. De tels documents n'y ont jamais existé, du moins à cette échelle ; et les quelques textes (bien moins riches en « connaissances positives ») qui y ont été écrits l'ont été sur des supports qui n'ont pas traversé les âges (en raison de leur nature – planchettes de bois, tablettes de cire, peaux, papyrus, ... – et du climat de la Grèce). Les textes grecs qui nous ont été conservés sur des « supports d'époque » sont d'une antiquité qui n'a rien de comparable avec ceux de la Mésopotamie et de l'Égypte (hormis les tablettes créto-mycéniennes et les inscriptions sur les monuments et objets, les plus anciens textes grecs sur « supports d'époque » sont des papyrus de la dynastie ptolémaïque d'Égypte – voir, par exemple, la table de carrés de l'encadré 110, page 38). La principale voie par laquelle les grands textes grecs nous sont parvenus a été celle des copies successives au fil des siècles. Aux problèmes d'interprétation des textes (qui se posaient déjà pour la Mésopotamie et l'Égypte) s'ajoute donc celui de la fidélité des copies qui nous sont parvenues (problème qui ne se posait pas pour la Mésopotamie et l'Égypte, puisque les documents dont on dispose pour ces régions sont des originaux – que l'on peut parfois soupçonner d'être des copies de documents encore plus anciens).

Cette question est aggravée dans le cas des philosophes présocratiques, en ce que leurs écrits ne nous sont parvenus que fragmentairement. On a dit précédemment que les poèmes des premiers auteurs grecs (Homère, Hésiode) n'ont été mis par écrit, après une transmission orale d'au moins deux siècles, qu'au VI^e siècle av. J.-C. Du V^e siècle, il nous reste une partie des œuvres d'Euripide, Eschyle, Sophocle, Aristophane, les Histoires d'Hérodote et de Thucydide, ... Mais, des philosophes de ces VI^e et V^e siècles, il n'a été conservé que de brefs fragments, cités par tel ou tel auteur postérieur. L'Antiquité ne suffit pas à expliquer cette pauvreté, puisque des auteurs contemporains ou même antérieurs ont réussi à passer les siècles. Il faut sans doute prendre en considération la nature des textes.

La conservation des textes historiques se comprend quasiment d'elle-même, puisque la fonction de ces textes est de retracer des événements historiques d'un passé plus ou moins proche afin d'en garder le souvenir, ces textes sont en quelque sorte les témoins de ces événements (surtout lorsque leurs auteurs les ont vécus, comme c'est le cas de Thucydide pour la guerre du Péloponnèse). La conservation des grandes œuvres littéraires, théâtrales ou poétiques, est également assez facilement compréhensible, en ce que ces œuvres sont atemporelles, et qu'elles ont été dites ou jouées bien longtemps après leur composition (que l'on songe, par exemple, à la conservation orale des œuvres d'Homère), à une époque où il n'y avait pas inflation de littérature, ni modes changeantes. On doit donc penser que l'une des raisons qui ont fait que les textes des philosophes des VI^e et V^e siècles ont été mal conservés, est que leur nature ne se prêtait pas à cette conservation. C'est-à-dire qu'ils ont été rapidement « dépassés » par la production philosophique du IV^e siècle (Platon et Aristote, notamment). Ce qui introduit la notion d'un progrès dans la pensée, notion qui n'est guère présente dans les

civilisations conservatrices de la Mésopotamie et de l'Égypte (où les conceptions anciennes sont pieusement transmises de génération en génération). À cet aspect de la question, il faut ajouter que ces philosophes présocratiques n'ont pas créé d'écoles au vrai sens du terme (comme Platon avec l'Académie ou Aristote avec le Lycée). On parlera certes de l'école de Milet, de l'école d'Élée, de la secte pythagoricienne, mais ces « écoles » n'ont jamais été de véritables institutions (la secte pythagoricienne a sans doute tenté de l'être, mais elle a été très vite dispersée), conservant la pensée d'un maître et la faisant évoluer tout en en gardant le souvenir (ne serait-ce que dans une bibliothèque). Les ouvrages des Présocratiques ont sans doute figuré dans les bibliothèques des grandes écoles (Académie, Lycée, Musée d'Alexandrie...), mais la prédominance des philosophies du IV^e siècle, de Platon et d'Aristote, les a relégués au second plan ; ils n'ont plus été recopiés et, peu à peu, se sont perdus (les livres étaient alors une denrée rare) ; il est très probable qu'il n'en existait plus aucun exemplaire au bout de quelques siècles.

Le souvenir de ces philosophies ne s'est alors gardé que dans les citations et les commentaires qu'en ont faits les auteurs des IV^e et III^e siècles, pour qui elles étaient encore proches ; puis par les reprises de ces citations et commentaires par des auteurs plus tardifs qui, sans doute, ne possédaient plus les textes originaux. Parfois, les sources de ces commentateurs de « seconde main » ont elles-mêmes disparu comme les textes présocratiques originaux. C'est sur ces citations (qu'on appelle en général « fragments ») et ces commentaires (la « doxographie ») qu'on doit travailler pour essayer de connaître les conceptions de ces précurseurs de la science et de la philosophie.

On conçoit qu'un tel travail est souvent très spéculatif. Les motivations des auteurs qui ont rapporté ces citations et commentaires sont très diverses, et sous-tendent une plus ou moins grande fidélité aux textes primitifs. Si les uns sont de « purs doxographes », dont les ouvrages visent à rassembler et conserver les conceptions des anciens philosophes (c'est, par exemple, le cas de Diogène Laërce avec son livre *Vies, doctrines, sentences des philosophes illustres*), d'autres cherchent souvent à réfuter ces doctrines anciennes au nom de philosophies qui leur sont propres (c'est, par exemple, le cas de théologiens chrétiens, qui comptent les philosophies antiques parmi les hérésies ; ou de Sextus Empiricus, philosophe sceptique qui veut montrer la vanité des doctrines anciennes). Il faut également tenir compte de l'époque plus ou moins tardive du commentateur, et de sa « qualité intellectuelle » ; par exemple, si Aristote a souvent tendance à lire les philosophes présocratiques à travers sa propre philosophie (pour en montrer les mérites), ses commentaires sont plus sûrs que ceux de Diogène Laërce qui, en raison de l'époque où il vivait (III^e siècle ap. J.-C.), n'a jamais eu en main les textes originaux et se contente souvent de rapporter pêle-mêle, sans esprit critique, ce que les auteurs précédents ont dit sur les philosophes anciens. Enfin, l'apparente unanimité des doxographes sur tel ou tel point ne doit pas faire illusion : le plus souvent les divers doxographes reproduisent alors le même commentateur antérieur, ou bien constituent eux-mêmes une chaîne

transmettant au cours des siècles la même information (dans un cas comme dans l'autre, l'unanimité n'est alors pas un critère de vérité). La lecture des fragments et de la doxographie (tels que nous les donnons dans les chapitres suivants) doit donc se faire de manière critique (sans même compter le fait que nous employons ici une traduction française de ces textes originellement écrits en grec ancien, que les diverses traductions des mêmes textes varient sensiblement parce qu'à ce niveau la traduction est très largement une interprétation).

Dans cette seconde partie de notre travail, nous nous sommes efforcés de rester au plus près des interprétations traditionnelles les plus couramment admises, rejetant les hypothèses trop « forcées » qui reposent sur une compréhension des textes un peu distordue ou sur des points de détail qui perdent de vue la cohérence de l'ensemble (certaines interprétations des fragments ne sont pas sans parfois rappeler les tortures que d'aucuns imposent aux dimensions de la Grande Pyramide pour y découvrir le nombre π). On pourra nous reprocher une lecture (traditionnelle) qui est manifestement celle d'un Occidental du xx^{e} siècle ap. J.-C., plutôt que celle d'un Grec de l'Antiquité. C'est un risque que nous prenons, compte tenu de ce qu'il ne s'agit pas ici d'une thèse originale, mais d'une synthèse destinée à présenter globalement ce qui est peut-être la naissance de la science, et éventuellement à servir d'introduction à la lecture de travaux plus spécialisés. Rappelons, à ce propos, que le monde grec est beaucoup plus proche du nôtre, par le temps et l'esprit, que les mondes mésopotamien et égyptien précédemment évoqués ; et que la distorsion des conceptions que nous présentons y sera donc bien moins grande. Il ne s'agit pas de justifier un mal par un autre plus important ; mais, puisqu'il est quasiment impossible à un Occidental contemporain de se mettre dans la peau d'un homme de l'Antiquité (le Grec étant peut-être le moins difficile à imaginer), il est certainement préférable (au moins dans un ouvrage d'introduction) de rester un Occidental du xx^{e} siècle qui essaye de comprendre, dans les termes qui lui sont propres, une pensée antique, tout en sachant ce que sa tentative a d'approximatif ; plutôt que de vouloir faire saisir cette pensée antique telle qu'elle était (?) par un texte qui, à supposer qu'il ne tombe pas dans la vaticination à rebours, risquerait d'être encore plus difficile à lire que les documents qu'il prétendrait éclairer. Notre essai est ainsi bien défini, avec les limites inhérentes au genre, tant pour sa première que sa seconde partie.

L'une des raisons qui expliquent la différence de notre manière d'exposer la science grecque d'une part et, d'autre part, les sciences mésopotamiennes et égyptiennes, tient donc à la relative pauvreté en documents et le caractère indirect de ceux-ci dans le cas de la Grèce présocratique. Une autre raison, plus importante sans doute, est la nature radicalement différente de la science grecque comparativement à celles de la Mésopotamie et de l'Égypte, auxquelles elle doit cependant beaucoup. La science grecque présocratique se préoccupe moins de connaissances « positives » et définies (et, bien souvent, c'est de la Mésopotamie et de l'Égypte qu'elle tire de telles connaissances) que de la volonté de formuler

des principes explicatifs généraux de la nature, de la société, de l'homme et parfois de la connaissance elle-même. Alors que pour la Mésopotamie et l'Égypte on ne pouvait guère que faire état de connaissances « positives », sans pouvoir dire grand-chose sur les principes les sous-tendant, l'exposé de la science grecque présocratique est d'abord un exposé de tels principes, sans qu'on puisse dire grand-chose sur les résultats « positifs » qu'ils permettaient (à l'exception de la médecine de la collection hippocratique – qui n'est que partiellement présocratique – où l'on a à la fois les principes et les pratiques, et de quelques connaissances mathématiques qui sont plus remarquables par la méthode que par le contenu – en général déjà connu des Mésopotamiens et des Égyptiens).

Alors que la science mésopotamienne et égyptienne vise le plus souvent à l'action (non seulement la médecine, mais aussi les mathématiques qui sont d'abord des techniques de calcul – de rations, de surfaces de champs, ... –, et l'astronomie avec ses applications dans la division du temps, agricole, mystique, magique), la science des Grecs des VI^e et V^e siècles cherche à expliquer (même la médecine ne se contente pas de soigner, elle a des théories explicatives – qui ne sont pas toujours en relation avec les pratiques médicales souvent empiriques). Ce sont ces tentatives d'explications que l'on exposera, et non une accumulation de connaissances précises appliquées à la résolution de tel ou tel problème pratique (au sens large du terme, celui dans lequel l'astrologie est une « science » appliquée, en ce qu'elle a un but pratique : connaître l'avenir pour décider de l'action à entreprendre – quoi que l'on puisse penser de cette contradiction entre un avenir déjà fixé et la possibilité de décider d'une action). Non pas que les Grecs de cette époque n'aient pas eu de telles préoccupations pratiques, mais les théories qu'ils ont élaborées les ont dépassées (sans oublier ici qu'ils ont bénéficié des apports mésopotamiens et égyptiens pour la solution de tels problèmes pratiques).

Les sciences mésopotamiennes et égyptiennes n'avaient guère que deux voies de progrès ; d'une part, trouver les « recettes » permettant de résoudre (avec plus ou moins d'approximation) un nombre toujours plus grand de problèmes (ou multiplier les recettes pour un problème donné) ; d'autre part, améliorer l'approximation de la résolution des problèmes (en trouvant parfois la solution correcte). La nature de la science grecque la fait échapper à cette sorte de progrès. Ce qu'on va rencontrer, c'est la multiplication des tentatives d'explication du monde (la nature, la société, l'homme, la connaissance, la morale, ...). Chacune de ces tentatives est le fait d'un particulier qui, parfois, regroupe autour de lui quelques disciples en une petite école. Les idées circulent entre ces individus et ces écoles ; ceux-ci se critiquent, ou bien les uns adoptent les idées des autres. Il y a ainsi un véritable dialogue qui s'instaure, et l'on peut parfois suivre une idée et son devenir à travers plusieurs générations d'auteurs différents ; ou, au contraire, voir comment la critique d'une idée en a fait naître une autre. La continuité de la science grecque est donc une continuité d'évolution (de progrès, au sens large du terme), alors que la continuité de la science mésopotamienne et de la science égyptienne est une continuité de conservatisme. D'où le fait que les textes des

premiers philosophes aient pu se perdre, parce que leurs successeurs les considéraient comme « dépassés ».

Dans notre exposé, nous ne suivrons pas la continuité chronologique, mais nous regrouperons les auteurs par école, en indiquant chaque fois que ce sera possible les relations entre celles-ci. On considérera qu'il y a trois principales écoles fondatrices de la science et de la philosophie : l'école de Milet, l'école pythagoricienne et l'école d'Élée (en rattachant Xénophane à l'école d'Élée, et en rapprochant Héraclite de celle de Milet). Nous les étudierons dans cet ordre, qui est celui de la chronologie de leurs fondateurs (il y eut des périodes où deux et même les trois écoles ont coexisté). Puis nous envisagerons les écoles pluraliste et atomiste, qui constituent les premières tentatives de synthèse des grands courants fondateurs. Enfin, nous exposerons, en un chapitre à part, la question de la médecine grecque à la lueur de la collection hippocratique. Cette collection est un ensemble de textes médicaux partiellement présocratiques, textes très nombreux et bien conservés (à la différence des autres textes grecs présocratiques), dans lesquels on peut déceler des influences diverses (celles des écoles précédemment évoquées, mais aussi des traditions étrangères), et qui fondent toute la médecine occidentale jusqu'à la Renaissance (leur conservation tient à ce que, contrairement aux autres textes présocratiques, ce sont essentiellement des traités techniques).

On trouvera dans l'encadré 114 une brève présentation des doxographes dont les textes sont cités dans les chapitres suivants ; on pourra s'y référer pour situer les auteurs de ces textes lorsque nous y ferons mention (N.B. : il s'agit d'une présentation à valeur indicative pour le présent ouvrage, et non de la liste des principaux doxographes).

L'encadré 115 (page 58) donne, lui, une chronologie approximative des philosophes et auteurs présocratiques dont il sera question dans les chapitres suivants ; sur ce tableau ils sont groupés par école (et, à l'intérieur d'une même école, selon la chronologie), dans l'ordre où celles-ci seront étudiées.

114. LES DOXOGRAPHES

On trouvera ci-dessous une brève présentation (classement alphabétique) des doxographes et, d'une manière plus générale, des auteurs anciens dont les témoignages sont utilisés dans cette seconde partie consacrée à la Grèce présocratique. N'y figurent évidemment pas les auteurs qui sont spécialement étudiés dans cette partie (Thalès, Anaximandre, Anaximène, Diogène d'Apollonie, Pythagore, Hippasos, Alcmeon, Philolaos, Hippocrate de Chio, Archytas, Hippias, Xénophane, Parménide, Zénon, Mélissos, Anaxagore, Empédocle, Leucippe, Démocrite, Hippocrate de Cos).

Cette liste de doxographes n'est pas exhaustive, elle ne contient que ceux qui sont explicitement cités dans les chapitres suivants. Pour un grand nombre

des auteurs cités (et pour d'autres encore), on trouvera une présentation plus détaillée, avec notamment une bibliographie pour chacun d'eux, dans l'ouvrage de P.-H. Michel, « De Pythagore à Euclide », et dans le volume « Les Présocratiques » de la Bibliothèque de la Pléiade (sous la direction de J.P. Dumont) qui présente la totalité de la doxographie et des fragments.

Aétius : Doxographe des I^{er} et II^e siècles ap. J.-C., Son œuvre, les *Placita*, n'a pas été conservée dans son ensemble, mais a pu être complétée par des extraits rapportés par Stobée et par un résumé parfois attribué à Plutarque.

Alexandre d'Aphrodisias : Commentateur d'Aristote des II-III^e siècles ap. J.-C. ; il a rapporté, entre autres, les travaux d'Hippocrate de Chio sur la quadrature des lunules.

Alexandre d'Étolie : Poète du III^e siècle av. J.-C. ; cité ici pour un poème sur l'astronomie pythagoricienne et l'harmonie des sphères.

Archimède : (287-212 av. J.-C.) Mathématicien, physicien et astronome (né et mort à Syracuse) ; son œuvre, considérable, contient quelques références à l'histoire des domaines traités (il attribue ainsi à Démocrite la découverte des volumes du cône et de la pyramide).

Aristote : (384-322 av. J.-C.) Philosophe, créateur de l'école péripatéticienne (le Lycée) ; son œuvre contient de nombreux commentaires et références aux auteurs qui l'ont précédé. Voir par exemple le 1^{er} livre de sa *Métaphysique*.

Boèce : (475-524 ap. J.-C.) Romain, ayant reçu une formation à Athènes, « la latinité lui doit beaucoup de ce qu'elle a pu sauver de la culture scientifique des Grecs ». Auteur de divers ouvrages (sur Aristote, sur l'astronomie, les mathématiques) et traducteur (des 4 premiers livres d'Euclide en latin), il est cité ici pour son livre *De institutione musica* et ce qu'il y rapporte sur la musique chez les Pythagoriciens.

Censorinus : Grammairien et chronologiste romain du III^e siècle ap. J.-C. ; cité ici pour ce qu'il rapporte sur les conceptions, notamment en biologie, de certains Présocratiques.

Chalcidius : (V^e siècle ap. J.-C.) Traducteur et commentateur latin du *Timée* de Platon.

Cicéron : (106-43 av. J.-C.) Homme politique et orateur romain.

Claudien Mamert : Poète chrétien du V^e siècle ap. J.-C.

Clément d'Alexandrie : Philosophe chrétien (né à Athènes, II^e siècle ap. J.-C.), connaisseur et défenseur de l'hellénisme au sein du christianisme (« Dieu donna aux Hébreux la Loi et aux Grecs la Philosophie »), son œuvre contient beaucoup de citations et de commentaires sur la philosophie et la science grecques de l'Antiquité.

Diodore de Sicile : Historien du I^{er} siècle av. J.-C., auteur d'une importante *Bibliothèque historique*, sorte d'histoire universelle, dont il reste environ la moitié.

Diogène Laërce : Doxographe de la première moitié du III^e siècle ap. J.-C. ; son œuvre *Vies, doctrines, sentences des philosophes illustres* est de valeur inégale,

mais, pour peu qu'on la lise de manière critique, la source d'une foule de renseignements précieux sur un très grand nombre de philosophes de l'Antiquité.

Euclide : Mathématicien des IV-III^e siècles av. J.-C. ; auteur du plus ancien traité de géométrie qui nous soit resté (il ne nous reste rien des *Éléments* d'Hippocrate de Chio, antérieurs de plus d'un siècle) ; son œuvre regroupe, de manière ordonnée, des travaux antérieurs en plus des siens propres ; bien qu'il ne fasse jamais œuvre d'historien (ni mention de ses prédécesseurs), ses *Éléments* gardent la marque de l'histoire antérieure des mathématiques.

Eudème de Rhodes : (fin du IV^e siècle av. J.-C.) C'est l'un des premiers disciples d'Aristote ; auteur de divers ouvrages dont des histoires de la géométrie et de l'astronomie (perdus) et d'un commentaire de la *Physique* d'Aristote, perdu également mais qui aurait été l'une des sources de Simplicius.

Galien : (131-210 ap. J.-C.) Médecin grec, il est avec Hippocrate le plus grand médecin de l'Antiquité ; son œuvre contient des mentions des travaux antérieurs.

Hérodote : Historien grec (Halicarnasse) du V^e siècle av. J.-C., auteur de la célèbre *Enquête*.

Hippolyte (Saint) : Un des premiers pères de l'Église grecque (martyrisé en 235), auteur de la *Réfutation de toutes les hérésies*, qui contient, à ce titre, l'exposé et le commentaire des philosophies antiques.

Jamblique : Néo-platonicien des III-IV^e siècles ap. J.-C., son œuvre concerne la doctrine pythagoricienne ; il en reste les 4 premiers livres (*Vie de Pythagore*, *Protreptiques*, *Sur la science mathématique commune*, *sur l'Introduction arithmétique de Nicomaque*) sur les 10 qu'elle comportait (les 6 livres perdus auraient porté sur la Physique, l'Éthique, la Théologie, la Musique, la Géométrie et la Théorie des Sphères – c.à.d. l'astronomie).

Jean de Lydie : Historien du VI^e siècle ap. J.-C. (Constantinople).

Nicomaque : Néo-pythagoricien d'origine arabe, de la fin du I^{er} siècle ap. J.-C. ; ses ouvrages, qui ne nous sont parvenus qu'en partie, traitent essentiellement de l'arithmétique dans l'optique des anciens Pythagoriciens qu'il cite parfois.

Philon le Juif : Philosophe du I^{er} siècle ap. J.-C., interprète du platonisme et de la tradition hébraïque.

Philostrate : Sophiste des II^e-III^e siècles ap. J.-C.

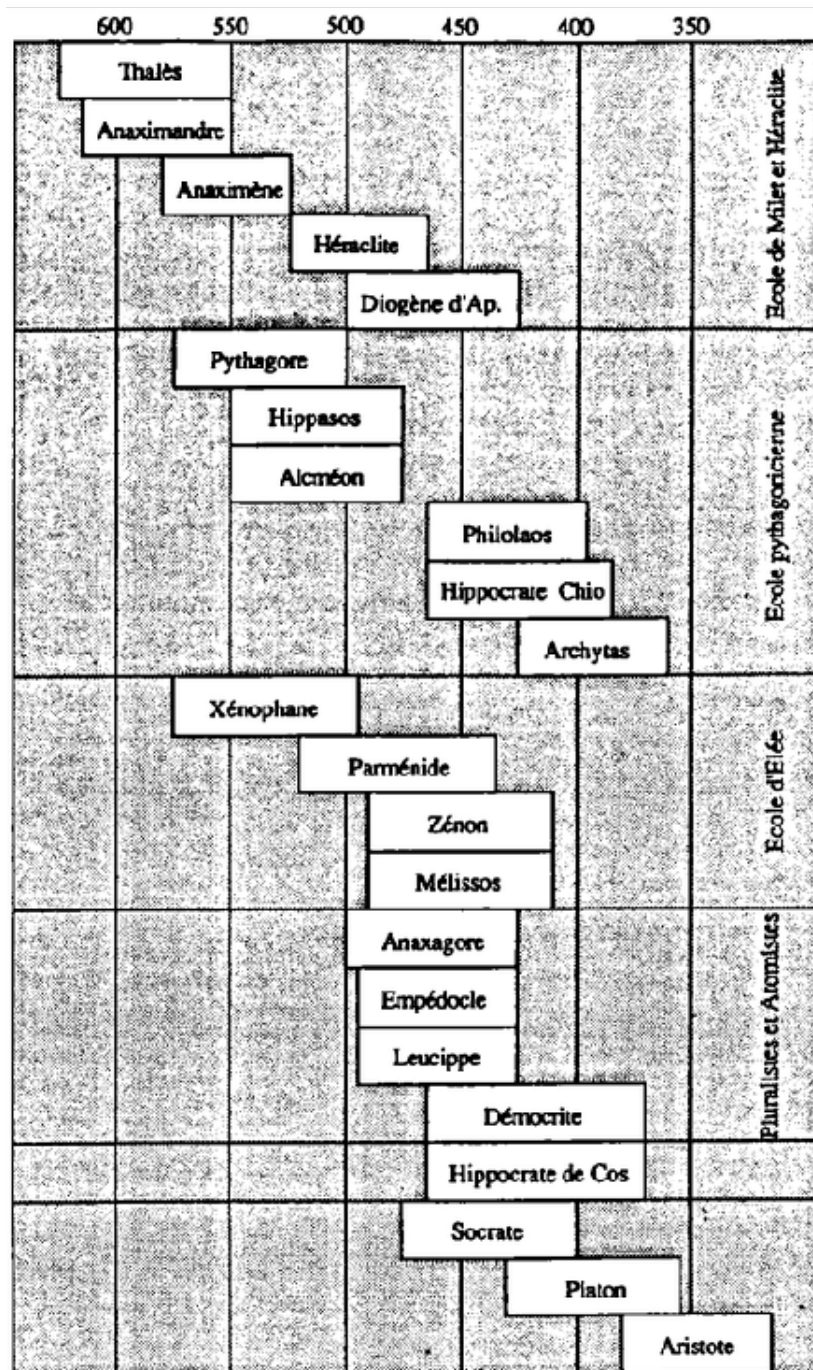
Platon : (428-348 av. J.-C.) Philosophe athénien, créateur de la philosophie des Idées, fondateur de l'Académie ; son œuvre contient de nombreuses allusions aux Présocratiques, et a souvent trait à des questions « scientifiques » débattues à son époque (voir notamment les dialogues suivants : *Timée*, *Parménide*, *Théétète*, *Sophiste*, *Ménon*).

Pline l'Ancien : (23-79 ap. J.-C.) Naturaliste romain, auteur d'une Histoire Naturelle monumentale (37 livres). Il est cité ici pour la manière dont il rapporte que Thalès mesura la hauteur des Pyramides d'après la longueur de leur ombre.

- Plutarque* : (I^{er}-II^e siècles ap. J.-C.) Historien et moraliste grec. On trouve dans son œuvre des renseignements sur des philosophes et scientifiques de la période qui nous intéresse, ainsi que des allusions aux problèmes scientifiques alors débattus.
- Porphyre* : Néo-platonicien de la fin du III^e siècle ap. J.-C. Commentateur de Pythagore, Platon et Aristote.
- Proclus* : Philosophe du V^e siècle ap. J.-C., l'un des derniers directeurs de l'école d'Athènes (Académie), avant sa fermeture par l'empereur Justinien (529), auteur de divers ouvrages d'inspiration souvent pythagoricienne ; cité ici surtout pour son *Commentaire sur le Premier Livre des Éléments d'Euclide*, où il résume l'histoire des mathématiques depuis Thalès.
- Pseudo-Aristote* : Textes apocryphes d'Aristote.
- Pseudo-Jamblique* : Textes apocryphes de Jamblique.
- Pseudo-Plutarque* : Textes apocryphes de Plutarque.
- Sénèque* : (3-65 ap. J.-C.) Philosophe romain.
- Sextus-Empiricus* : Médecin et philosophe sceptique des II-III^e siècles ap. J.-C. ; ses œuvres contiennent beaucoup de renseignements sur les systèmes scientifiques et philosophiques anciens qu'il présente afin de les réfuter (au nom du scepticisme).
- Simplicius* : Néo-platonicien du VI^e siècle ap. J.-C. (contemporain de la fermeture de l'Académie par l'empereur Justinien en 529, il se réfugia alors en Perse) ; il fut un bon commentateur des œuvres d'Aristote et nous a conservé bon nombre de citations et de commentaires d'auteurs anciens (les Éléates, Anaxagore, Empédocle, ...).
- Speusippe* : (IV^e siècle av. J.-C.) Neveu et successeur immédiat de Platon à la tête de l'Académie, de tendance pythagoricienne, il est cité ici pour son commentaire sur l'arithmétique de Philolaos.
- Stobée (Jean)* : (V-VI^e siècles ap. J.-C.) son œuvre contient des textes relatifs aux diverses écoles philosophiques qui l'ont précédé (c'est notamment grâce à lui qu'ont pu être complétés les *Placita* d'Aétius – voir ci-dessus) ; il est cité ici surtout pour ce qu'il rapporte sur les conceptions de Philolaos.
- Suidas* : (X-XI^e siècles ap. J.-C.) Auteur (? – si ce nom de Suidas est bien celui d'une personne) d'une sorte de dictionnaire biographique. Source très incertaine vu son caractère tardif.
- Tertullien* : Docteur de l'Église (II-III^e siècle ap. J.-C.).
- Théodoret* : (396-458 ap. J.-C. environ) Historien et écrivain grec ecclésiastique, son œuvre contient quelques références aux systèmes philosophiques anciens.
- Théon de Smyrne* : Néo-pythagoricien du II^e siècle ap. J.-C., auteur d'un abrégé des sciences mathématiques qui est partiellement conservé (seuls subsistent les livres sur l'Arithmétique, l'Astronomie et une partie de celui sur la Musique) qui apporte de nombreux renseignements sur les conceptions pythagoriciennes.
- Théophraste* : (374-287 av. J.-C.) Philosophe et naturaliste grec, successeur

immédiat d'Aristote à la tête du Lycée (et sans doute l'auteur de quelques-uns des ouvrages de la collection aristotélicienne) ; il aurait écrit des ouvrages sur l'histoire de diverses disciplines (géométrie, astronomie, ...) dont il ne reste rien ; il reste en revanche des fragments *Sur les sensations* de son ouvrage *Sur les Physiciens*. Il est, selon P. Tannery, « l'unique source de tous les renseignements doxographiques de l'Antiquité », à laquelle auraient puisé les autres doxographes, plus ou moins directement.

115. CHRONOLOGIE APPROXIMATIVE DES PHILOSOPHES GRECS DES VI^e ET V^e SIÈCLES av. J.-C.



Chapitre II

L'école de Milet et Héraclite

Il peut sembler curieux que nous regroupions en un seul chapitre les physiologues de Milet et Héraclite d'Éphèse. Nous pourrions dire que c'est pour une raison géographique, Milet et Éphèse se trouvant toutes deux sur la côte ionienne ; c'est aussi et surtout que, du fait de sa singularité, il est difficile de rapprocher Héraclite d'une école de pensée et que, ne désirant pas lui consacrer un chapitre spécial (parce que cet ouvrage considère plus l'aspect scientifique que philosophique – même s'il est souvent difficile de les distinguer, et peut-être peu justifié de le faire), nous l'avons joint à ceux dont il est le moins éloigné, à défaut de leur être proche.

Outre Héraclite, que nous étudierons en dernier, ce chapitre s'intéressera donc à Thalès, Anaximandre, Anaximène et à un disciple tardif de l'école de Milet, Diogène d'Apollonie.

THALÈS

De Thalès il ne nous reste aucun écrit (à supposer qu'il en ait produit) ; ce que nous savons de lui et de ses thèses nous est parvenu par ce qu'en ont dit les philosophes et commentateurs qui l'ont suivi – dans le temps si ce n'est dans les idées.

On pense généralement qu'il vécut entre 625 et 550 à Milet, en Ionie ; c'est-à-dire relativement peu de temps après la mise au point de l'alphabet, et dans la ville même où cet alphabet s'inventa dans la forme qui allait devenir celle de l'alphabet grec classique. L'origine de Thalès serait soit phénicienne, soit grecque, selon les différentes sources de renseignements qui nous restent. Malgré l'anecdote (racontée par Platon dans le *Théétète*) selon laquelle il tomba dans un puits pendant qu'il levait la tête pour contempler les astres (ce qui indiquerait en tout cas un intérêt pour l'astronomie), il semble n'avoir rien eu d'un philosophe rêveur, mais au contraire avoir été d'un grand sens pratique (et même un homme d'affaires avisé : Aristote (*Politique*, I) raconte comment, prévoyant une abondante récolte d'olives, il loua tous les pressoirs disponibles à bas prix, puis les sous-loua au prix fort au moment de la récolte quand la demande fut importante). Peut-être est-ce pour des raisons commerciales qu'il voyagea en Égypte, dont il aurait importé la géométrie ; sans doute fut-il aussi en contact, d'une manière ou d'une autre, avec des personnes susceptibles de lui transmettre les connaissances mésopotamiennes (en astronomie, entre autres). Selon

Hérodote et Diogène Laërce, il se mêla de politique, notamment lors des invasions perses en Asie Mineure (prêchant l'union des cités ioniennes, et conseillant Crésus, roi de Lydie).

Nous allons exposer successivement ce qu'on attribue à Thalès comme connaissances ou découvertes en géométrie, cosmologie (ou physique) et astronomie (ou météorologie). Puis nous essayerons d'évaluer son importance pour la pensée scientifique, non pas tant pour son apport « positif » que pour ce qu'il a introduit en ce qui concerne l'esprit et la méthode des sciences. Auparavant, on peut lire dans l'encadré 116 quelques fragments de sa doxographie.

116. DOXOGRAPHIE CHOISIE DE THALÈS

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. De même que la connaissance exacte des nombres prit naissance chez les Phéniciens du fait des échanges commerciaux et des affaires, de même est-ce chez les Égyptiens que fut, pour la raison que j'ai dite, inventée la géométrie (*la raison est* : « La mesure des terrains qu'il leur [les Égyptiens] fallait sans cesse renouveler à cause des crues du Nil qui faisait disparaître les bornes des propriétés » ; *c'est l'étymologie du mot « géométrie » : mesure de la terre.*). Thalès fut le premier Grec à rapporter d'Égypte cette matière à spéculation ; lui-même l'enrichit de nombreuses découvertes, et légua à ses successeurs les principes de nombreuses autres en allant plus loin tantôt dans la généralisation abstraite, tantôt dans l'investigation empirique. (*Proclus, Commentaire sur le premier livre des Éléments d'Euclide*, 65, 3) – C'est Thalès qui, le premier, à ce qu'on prétend, démontra que le diamètre partage le cercle en deux parties égales. (*Ibid.*, 157, 10) – Il faut rendre grâce à l'antique Thalès, entre autres découvertes, pour celle du théorème suivant : car on dit qu'il fut le premier à découvrir et à énoncer que les angles à la base de tout triangle isocèle sont égaux, bien qu'il ait appelé semblables, selon une terminologie plus ancienne, les angles qui sont égaux. (*Ibid.*, 250, 20) – Ce théorème selon lequel quand deux droites se coupent, les angles opposés par le sommet sont égaux, fut découvert pour la première fois, d'après Eudème, par Thalès. (*Ibid.*, 299, 1) – Eudème, dans son *Histoire de la géométrie*, attribue ce théorème [de l'égalité des triangles] à Thalès ; car, dit-il, la méthode par laquelle Thalès a montré comment mesurer la distance des navires en mer fait nécessairement appel à ce théorème. (*Ibid.*, 352, 14)

2. La plupart des premiers philosophes estimaient que les principes de toutes choses se réduisaient aux principes matériels. Ce à partir de quoi sont constituées toutes les choses, le terme premier de leur génération et le terme final de leur corruption, [...] c'est cela qu'ils tiennent pour l'élément et le principe des choses ; [...] Pour Thalès, le fondateur de cette conception

philosophique, ce principe est l'eau (c'est pourquoi il soutenait que la terre flotte sur l'eau) ; peut-être admit-il cette théorie en constatant que toute nourriture est humide et que le chaud lui-même en tire génération et vie. [...] Mais certains estiment que même les anciens [...] faisaient d'Océan et de Thétys les ancêtres de la génération et disaient que le serment des dieux se fait par l'eau. (*Aristote, Métaphysique, A, III, 983 b 6*.)

3. [Thalès] affirme en effet que la Terre repose sur l'eau et y flotte comme un navire, et que lorsque l'on dit que la Terre tremble, cela est imputable à la mobilité de l'eau. (*Sénèque, Questions naturelles, III, 14*)

4. Thalès, Pythagore et ceux de son école avaient divisé la totalité de la sphère céleste en cinq cercles, qu'ils appelaient zones. Ils donnaient à la première le nom d'*arctique et toujours-apparente*, à la seconde le nom de *tropicale d'été*, à la troisième celui d'*équinoxiale*, à la quatrième celui de *tropicale d'hiver* et à la dernière celui d'*antarctique et invisible* (ces zones ne correspondent pas à ce qu'aujourd'hui nous appelons ainsi, notamment pour les cercles arctique et antarctique). Le cercle du Zodiaque coupe obliquement les trois zones du milieu. (*Aétius, Opinions, II, XII, 1*) – Thalès disait que les astres sont faits de terre, mais qu'ils sont embrasés. (*Ibid., II, XIII, 1*) – Thalès affirma le premier que le Soleil est éclipsé lorsque la Lune se trouve placée perpendiculairement au Soleil, étant donné qu'elle a une nature terrestre. On voit alors la lumière du Soleil qui se trouve masqué par le disque lunaire, se refléter comme dans un miroir. (*Ibid., II, XXIV, 1*) – Thalès affirma le premier que la Lune est éclairée par le Soleil. (*Ibid., II, XXVII, 5*)

5. Eudème, dans son *Histoire d'astronomie*, dit que Thalès avait prédit l'éclipse de Soleil qui eut lieu pendant la guerre que se livraient Mèdes et Lydiens, alors que Cyaxare, père d'Astyage, régnait sur les Mèdes et Alyatte, père de Crésus, sur les Lydiens. [...] Cela se passait pendant la cinquantième olympiade (580-577 av. J.-C.). (*Clément d'Alexandrie, Stromates, I, 65*)

6. Thalès disait que Dieu est l'Intellect du monde, que le tout est animé et plein de démons ; et encore, qu'à travers l'humidité élémentaire chemine une force divine qui la meut. (*Aétius, Opinions, I, VII, 11*)

Comme on a pu s'en douter à leur lecture, ces opinions sur Thalès sont souvent sujettes à caution ; on les discutera lorsqu'on étudiera les points qui les concernent. Pour commencer, on va traiter d'une matière qui est abordée dans le fragment 1 de cette doxographie : les mathématiques chez Thalès ; l'essentiel de ce qu'on en connaît vient de Proclus et de son *Commentaire sur le premier livre des Éléments d'Euclide*.

Les mathématiques

En fait de mathématiques, il s'agit surtout de géométrie, car Thalès n'a pas laissé de souvenirs d'une arithmétique, si ce n'est qu'il aurait considéré le nombre

comme une collection d'unités, conception qu'il aurait rapportée d'Égypte (et qui est pour le moins hypothétique). La réputation de Thalès est liée pour beaucoup au théorème qui porte son nom, et dont pourtant il n'est vraisemblablement pas l'auteur. Vu qu'il ne nous reste rien de Thalès lui-même et que les avis des auteurs antiques qui ont parlé de lui sont variables, il est difficile de lui attribuer de manière précise telle ou telle connaissance ou découverte en mathématiques. Nous ne présenterons ci-dessous que ce sur quoi il y a un consensus ; soit cinq propositions portant sur le triangle et le cercle (en remarquant qu'elles proviennent de l'ouvrage de Proclus cité ci-dessus, qui lui-même, auteur du ^{ve} siècle ap. J.-C., commentait les travaux d'Euclide datant du ^{III}^e siècle av. J.-C. – Thalès vivant, lui, au ^{VI}^e siècle av. J.-C.). Après quoi nous discuterons du théorème dit « de Thalès » à l'aide de deux exemples : la mesure de la hauteur des Pyramides et celle de la distance des bateaux en mer.

– *Le cercle est divisé en deux parties égales par son diamètre.* Il s'agit là d'une proposition qui est quasiment incluse dans la définition du diamètre. Elle ne relève pas d'une démonstration à proprement parler, mais plutôt d'une intuition liée aux propriétés de symétrie du cercle (sans qu'il soit cependant besoin que ces propriétés soient explicitement formulées).

– *Si deux lignes droites se coupent entre elles, les angles opposés qu'elles forment sont égaux.* Là encore, cette proposition (qui correspond à la proposition 15 du livre I des *Éléments* d'Euclide) semble ressortir à l'intuition plutôt qu'à la démonstration. Sa démonstration est cependant très simple, et peut-être a-t-elle été connue de Thalès lui-même (bien qu'il ne soit pas sûr qu'il se soit soucié de démonstration).

– *Les angles à la base d'un triangle isocèle sont égaux* (5^e proposition du livre I des *Éléments* d'Euclide). Ici encore, on ne peut rien dire sur la démonstration que Thalès a pu en donner, ni même s'il en donnait une démonstration au lieu de se fonder sur une pure intuition.

– *Un triangle se trouve déterminé si sa base et les angles relatifs à cette base sont donnés* (deux triangles qui ont un côté égal compris entre deux angles égaux deux à deux sont égaux – proposition 26 du livre I des *Éléments* d'Euclide). La manière dont Thalès a démontré cette proposition, s'il l'a démontrée, est aussi hypothétique que dans le cas de la précédente ; ici encore c'est une proposition qui se comprend assez bien par intuition.

– *L'angle inscrit dans une demi-circonférence est un angle droit* (le triangle rectangle s'inscrit dans un cercle de diamètre égal à son hypoténuse) (1^{re} partie de la proposition 31 du livre III des *Éléments* d'Euclide). Même question pour la démonstration (s'il y en avait une) : soit elle se fonde sur l'intuition qui veut qu'un rectangle est toujours inscriptible dans un cercle tel que ses diagonales soient deux diamètres (ce qui revient à reconnaître l'égalité des diagonales du rectangle), auquel cas le demi-rectangle limité par deux côtés et une diagonale (c'est-à-dire un triangle rectangle) est inscrit dans la demi-circonférence ; soit on admet une démonstration plus ou moins élaborée (et qui nécessite en général la connaissance de l'égalité de la somme des angles d'un triangle à deux droits,

117. MESURE DE LA DISTANCE D'UN BATEAU EN MER

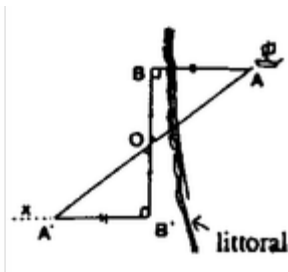


Figure a

Figure a : Le bateau est en A, l'observateur en B fait une visée et trace la ligne BB' perpendiculaire à BA, puis la perpendiculaire $B'x$ à BB' ; il cherche sur cette perpendiculaire $B'x$ le point A' qui est aligné avec A et O, le milieu de BB' ; la distance $A'B'$ est égale à AB, la distance recherchée. Le principal problème que pose la méthode est que, si le bateau est un peu éloigné, elle met en jeu des distances sur le littoral trop grandes pour être parcourues rapidement (et nécessite un littoral dégagé sur une grande profondeur).

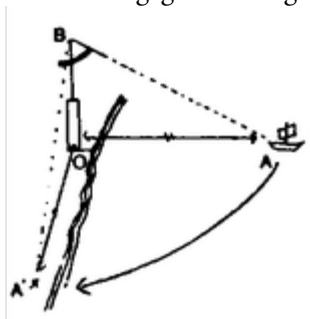


Figure b

Figure b : L'observateur B monte sur une tour et vise le bateau A avec un appareil permettant de mesurer l'angle OBA, puis il vise un point A' du littoral avec ce même angle, la distance OA' de ce point à la base de la tour est égale à OA la distance recherchée. Si le bateau est très éloigné, il faut là aussi une grande longueur de littoral dégagé ; il faut en outre disposer d'un appareil de visée mesurant les angles avec une très grande précision, car dans cette méthode une petite erreur d'angle introduit une grande erreur sur la distance.

Dressant seulement à plomb un bâton au bout de l'ombre de la pyramide, et se faisant deux triangles avec la ligne que fait le rayon du soleil touchant aux deux extrémités, tu [Thalès] montras qu'il y avait telle proportion de la hauteur de la pyramide à celle du bâton, comme il y a de la longueur de l'ombre de l'un à l'ombre de l'autre. (*Plutarque, Le Banquet des Sept Sages, 2*)

Les deux premiers textes correspondent à la figure a, le troisième à la figure b. La première méthode est la plus simple et la plus vraisemblable (en outre, le texte de Diogène Laërce invoque Hiéronymus de Rhodes, un disciple d'Aristote, donc encore assez proche de Thalès dans le temps). Dans les deux cas, la difficulté pratique essentielle est de mesurer la longueur de l'ombre de la pyramide en partant du centre de la base de celle-ci (la pyramide est pleine), quand les rayons lumineux ne sont pas perpendiculaires à l'un des côtés de cette base (et que donc le centre de celle-ci ne se projette pas au milieu d'un de ses côtés). Voir les figures.

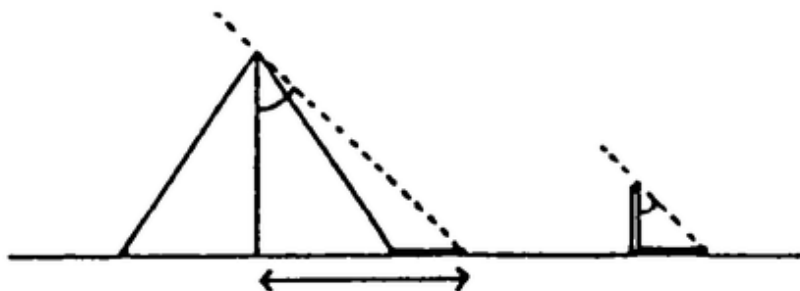


Figure a : Tout comme le bâton a une hauteur égale à son ombre, la pyramide a une hauteur égale à la sienne (angle de 45°) : c'est un cas particulier du théorème de Thalès où celui-ci est saisi de manière intuitive.

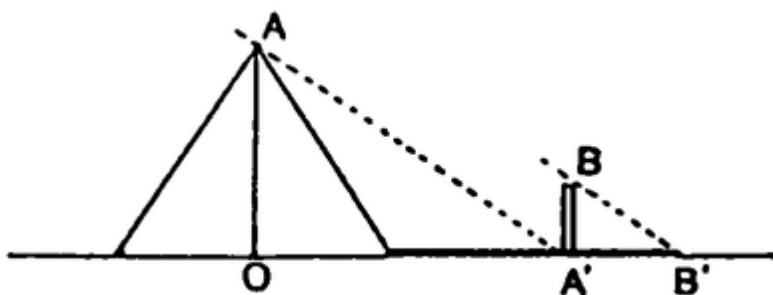


Figure b : Les triangles AOA' et $BA'B'$ sont semblables, donc $AO/BA' = OA'/A'B'$ d'après le théorème de Thalès. Soit $AO = BA'$. ($OA'/A'B'$)

Que penser de cette mathématique de Thalès ? Tout d'abord, ces diverses

connaissances existaient depuis longtemps en Mésopotamie et en Égypte, au moins sous la forme d'applications pratiques, à défaut d'être explicitement formulées en des lois et théorèmes mathématiques. On peut donc difficilement en attribuer la paternité à Thalès. Il est beaucoup plus probable qu'il les a acquises lors de ses voyages en Égypte (ou ailleurs). C'est d'ailleurs ce que dit Proclus dans le texte évoqué ci-dessus (fragment 1, encadré 116).

Outre qu'il nous indique l'origine toute pratique que les Anciens donnaient à la géométrie, ce texte nous confirme dans l'importation que Thalès fit de celle-ci dans le monde grec. Il est certes dit qu'il fit lui-même plusieurs découvertes en ce domaine, mais il ne nous est rien resté de lui qui ne figure déjà dans la mathématique mésopotamienne ou égyptienne (au moins sous forme de connaissances pratiques). On pourrait penser qu'il lui revient le mérite d'avoir dégagé des lois de ce qui était connaissances pratiques chez les Égyptiens ; mais ici encore, rien ne le montre (c'est même sous la forme de deux applications que nous est restée sa connaissance du théorème des triangles semblables) ; et Proclus, dans le même ouvrage, attribue à Pythagore la transformation de la mathématique en une science « libérale », indépendante des applications pratiques et où les théorèmes sont recherchés abstraitement et par l'intelligence pure. Reste la possibilité que, sans les démontrer, Thalès ait formulé explicitement les principes qui ne sont qu'implicites dans la mathématique mésopotamienne et égyptienne – ce qui serait déjà un progrès notable. Rien ne le prouve cependant.

L'hypothèse la plus vraisemblable reste donc que Thalès fit des voyages en Égypte pour son commerce (outre son origine phénicienne possible – les Phéniciens étaient renommés comme commerçants –, cela est rendu probable par le fait qu'à cette époque il y eut un accroissement très sensible des relations, notamment commerciales, entre l'Égypte et le monde grec qui sortait de son Moyen Âge). Il rapporta de ces voyages – et des contacts qu'il a pu avoir avec d'autres voyageurs – diverses connaissances, non seulement en géométrie mais aussi, on le verra, en astronomie. À cette influence égyptienne, on peut ajouter l'influence mésopotamienne (c'est l'époque où l'empire perse cherche à s'étendre en Asie Mineure (Ionie) et en Grèce). En ce domaine, son principal mérite est d'avoir importé ces connaissances dans le monde grec, très en retard alors quant à la civilisation sur l'Égypte et la Mésopotamie, et de les y avoir propagées (on verra plus loin que c'est surtout dans sa cosmologie qu'il fit œuvre de créateur). Il se peut qu'il ait lui-même travaillé sur ces connaissances – surtout pratiques –, de manière à formuler des principes généraux (avec ou sans démonstrations) ; mais il ne nous en est rien resté. L'école de Milet, dont il passe pour le fondateur, n'a rien apporté non plus en ce domaine mathématique, et a gardé la réputation d'une école de « physiologues », (la « physiologie » étant alors l'étude de la nature comme l'indique l'étymologie – voir ci-après Anaximandre et Anaximène). La création d'une véritable mathématique semble bien plutôt appartenir à Pythagore et aux Pythagoriciens.

Plus que par la géométrie et le théorème auquel il a laissé son nom (même s'il n'en est sans doute pas l'auteur), c'est par sa conception cosmologique et physique que Thalès occupe une place de tout premier rang dans l'histoire des sciences. Il semble que ce soit lui le premier (du moins, le premier dont on ait conservé la pensée) qui ait cherché une explication du monde ailleurs que dans le mythe, et autrement que par une reconstitution pseudo-historique mettant en scène les dieux. Avant d'exposer cette cosmologie de Thalès, et pour mieux en apprécier la nouveauté, on va très brièvement résumer l'esprit de la mythologie grecque de l'époque.

La *Théogonie* d'Hésiode (qui doit dater d'environ deux siècles avant Thalès) expose la naissance et l'histoire des dieux ; ce faisant, elle expose la naissance et l'histoire du monde ; c'est une théogonie mais aussi une cosmogonie. À l'origine de toutes choses (dieux compris) elle met le chaos – sans rien dire toutefois sur l'origine de ce chaos qui semble alors avoir existé par lui-même. De ce chaos naissent divers dieux – qui sont en même temps la représentation d'éléments naturels (par exemple, la Nuit, la Terre, le Ciel, etc.) – ; et ces dieux en engendrent d'autres à leur tour – qui sont souvent les représentations d'éléments naturels ou de diverses qualités –, mais aussi toutes sortes de monstres. Toutes ces créatures plus ou moins divines se succèdent et se remplacent les unes les autres (parfois en s'éliminant de manière brutale lors de guerres, combats et autres assassinats). Le mouvement général va vers la production d'êtres de plus en plus parfaits, et de l'obscurité vers la lumière (par exemple, Ouranos avait la fâcheuse habitude d'engendrer des monstres, il fut castré par son fils Kronos, qui jeta dans la mer son membre viril ; de l'écume (la semence d'Ouranos) naquit alors Aphrodite, la déesse de l'amour ; dès lors, à l'engendrement des monstres succède l'engendrement « normal » régi par les lois de l'amour). D'une manière générale, cette théogonie (qui est aussi une cosmogonie) trace la voie d'apparition d'un monde fait d'êtres bien différenciés (à défaut d'être déjà un monde structuré et ordonné, c'est-à-dire un cosmos), à partir du chaos, et à travers les étapes de la nuit et de monstres divers.

Qu'est-ce que ce chaos originel ? On lui a donné plusieurs sens, selon les étymologies que l'on reconnaissait (masse confuse de vapeurs et de nuées, feu, flot des eaux célestes, vide – non au sens moderne de vide opposé à un concept de matière, mais vide au sens d'abîme béant). Il semblerait (en remontant le mouvement de différenciation évoqué ci-dessus) que ce chaos ne se définisse que par des qualités négatives : il est ce qui n'est pas différencié, ce qui n'est pas déterminé ni en quantité ni en qualité. Il s'agit donc d'une notion plus vaste que le sens actuel de désordre que l'on donne au mot chaos ; ce sens actuel présuppose une matière préexistante mais non encore mise en forme ; or cette notion de matière distincte de la forme, une matière en général indépendante des objets qui en sont composés, n'est pas encore acquise au temps d'Hésiode ; le chaos est une indétermination qui englobe à la fois la matière et la forme.

Remarquons également qu'il existait des mythes (plus anciens que la *Théogonie* d'Hésiode) où à l'origine de toutes choses se trouvait Okéanos, qui est à la fois l'océan et le ciel, la voûte céleste qui se confond avec la mer à l'horizon (fragment 2 de la doxographie, encadré 116 page 61). Mythe qui n'est pas sans rappeler les conceptions mésopotamiennes et égyptiennes (voir tome 1).

Au lieu d'expliquer le monde actuel par un passé plus ou moins mythique, Thalès donne comme fondement au monde un élément primordial susceptible de transformations. Au lieu de se demander comment le monde a été formé, il se préoccupe de ce dont le monde est fait, de ce qui s'en trouve non seulement à l'origine mais aussi de ce qui en est le substratum, ce qui persiste sous les facettes du devenir. Même si ce n'est pas exactement en ces termes que Thalès s'est posé le problème.

Pour Thalès l'élément primordial est l'eau, comme en témoigne la doxographie (encadré 116, page 61). L'eau est ce qui est à l'origine des choses en même temps que ce dont elles sont faites fondamentalement (sous les transformations de cet élément primordial). Les raisons du choix de l'eau, pour autant qu'on puisse les connaître, sont de natures diverses.

Incontestablement, certaines d'entre elles sont des influences mythiques. On a précédemment cité le mythe d'Okéanos, qui est à la fois l'océan et la voûte céleste, et d'où dérivent toutes choses. On se rappelle sans doute la cosmologie sumérienne et les conceptions égyptiennes ; toutes font appel à l'eau, qui est aussi la mer entourant la terre et le ciel. Nous ne chercherons pas à savoir ici si les mythologies mésopotamienne et égyptienne ont influencé la grecque ; ni si Thalès se réfère à ces mythologies étrangères ou directement au mythe grec d'Okéanos ; mais il semble hors de doute qu'il a été inspiré par le mythe dans ce choix de l'eau. Sa conception paraît toutefois avoir été plus large. Il considère certes le monde comme une sorte de bulle hémisphérique dans une eau primordiale, la terre flottant sur la face plane de cette bulle (exactement comme dans la représentation sumérienne, encadré 41 tome 1) ; mais l'eau n'est pas que cela pour lui ; c'est aussi l'élément premier d'où viennent toutes choses et auquel elles retournent. Il y a donc dans cette cosmologie un aspect physique qui manque dans le mythe.

Cette eau primordiale se « laïcise » pour devenir un principe d'explication physique. D'après la doxographie (citée ou non dans l'encadré 116), cela a sans doute été facilité par des observations physiques telles que le rôle de l'eau dans la vie, les dépôts alluvionnaires (la terre naissant de l'eau), l'existence de coquilles fossiles (traces d'une eau dont serait sortie la terre), etc. Sans oublier la nécessité de choisir comme élément primordial un élément fluide se pliant bien aux transformations inhérentes au devenir, si l'on veut expliquer les choses dans leur diversité à partir d'un seul élément : l'eau se vaporise, se solidifie (en glace, mais aussi en dépôts alluvionnaires ou en dépôts de matière solide qui restent après l'évaporation).

Dans cette conception, la terre naît de l'eau par dépôt, mais l'air aussi par le biais de l'évaporation. En effet, la corporéité (plutôt que la matérialité – le

concept de matière n'étant pas encore formé dans toute sa généralité) de ce que nous appelons « air » n'était pas encore connue à cette époque (elle a été établie plus tard par Empédocle et Anaxagore – voir le chapitre V de cette seconde partie), l'air en question chez Thalès devait être la vapeur, ou encore le vent (l'air en mouvement est sensible, alors que l'air immobile ne l'est pas – de même la vapeur est visible sous forme d'un léger trouble ou brouillard, au contraire de l'air).

Et enfin, dernière métamorphose de l'élément fondamental, l'air (en tant que vapeur d'eau) engendre le feu. Ainsi le Soleil et les astres pourraient se nourrir, en les brûlant, des exhalaisons de l'eau primordiale.

Ces transformations se feraient donc en un cycle, selon lequel le Soleil pompe l'eau de mer, la transforme en air (se nourrit de ces exhalaisons), cette eau ainsi pompée (du moins celle qui ne nourrit pas le feu du Soleil) retombe en pluie et se transforme en terre (la terre résultant aussi de l'évaporation de l'eau de mer, et pas seulement des dépôts dérivant plus ou moins directement de la pluie) ; la terre redevient eau (rosée, brouillard, sources...) ; et le cycle recommence.

À cette « physique de l'eau », il faut sans doute adjoindre le fait que l'eau est indispensable à la vie, que toute vie vient de l'eau et la requiert pour se perpétuer. Comme l'indique la doxographie, tout germe est humide, les aliments sont pleins de suc, ce qui est mort se dessèche, etc. Ce qu'on rattachera à une conception que l'on peut presque qualifier de hylozoïste, en ce que tout est supposé doté de vie (tout est censé dériver de l'eau, eau qui est reconnue indispensable à la vie). Ainsi, outre les animaux et les végétaux, les différents objets aussi sont vivants pour Thalès, qui en voit la preuve (ou, du moins, l'indice) dans l'aimant et l'ambre : l'un attire le fer, l'autre les petites particules légères (lorsqu'il est frotté et ainsi chargé d'électricité statique). Bien que ce ne soit pas expressément dit dans la doxographie, l'univers semble conçu comme une sorte de grand organisme fonctionnant selon le cycle décrit ci-dessus, toutes choses étant entretenues par les exhalaisons de l'eau. Il s'agit certes d'une reconstitution, mais, même si Thalès n'avait pas encore l'idée d'un monde aussi construit et structuré qu'un organisme, il n'en est pas moins vrai que dans ses vues pointe déjà l'idée d'une organisation du monde selon des lois naturelles, ainsi d'ailleurs que celle d'une unité de fonctionnement de ce monde.

Si la physique est ainsi détachée du mythe par Thalès, elle s'y accroche encore (notamment par la voie de son « hylozoïsme »), en ce que tout est plein de dieux et de démons. Chez Thalès, ces dieux qui sont partout, ou le principe vital inhérent à l'hylozoïsme, ne sont cependant pas une intelligence qui met en forme la substance primordiale qu'est l'eau, en en contrôlant les transformations et en présidant ainsi à la constitution de l'univers, une intelligence qui sous-tendrait le devenir auquel elle-même échapperait. Une telle conception, qui apparaîtra dans toute son extension plus d'un siècle plus tard (Anaxagore), a sans doute des racines lointaines dans cette théorie d'un élément primordial qui serait le substratum et l'origine de toutes choses. On en suivra le devenir à travers les

diverses écoles qui se sont succédé dans le monde grec.

On peut également voir, dans cette conception de Thalès d'un monde plein de dieux en même temps que d'un monde construit sur un élément primordial selon un principe quasiment physique (et non mythique), l'origine d'une philosophie dans laquelle la puissance divine appartient au système cosmique (c'est-à-dire à l'univers considéré comme un tout organisé) et s'y manifeste dans les lois naturelles (au lieu que la divinité soit au-delà du monde, qu'elle soumet à son empire de manière arbitraire – et non en se manifestant dans des lois naturelles). Ce qu'on rapprochera évidemment de l'invention en Grèce de la démocratie et des lois constitutionnelles. Ces lois constitutionnelles régissent le pouvoir et le soustraient à l'arbitraire d'un roi qui serait « au-delà » de ceux qu'il gouverne ; le pouvoir politique se manifeste dans et par ces lois constitutionnelles, tout comme la puissance divine se manifeste dans et par les lois naturelles. Nous aurons plusieurs fois l'occasion de remarquer (et d'affiner) cette sorte de parallèle.

Revenons aux thèses précisément attribuées à Thalès, et maintenant à son astronomie, plus ou moins reliée à ses principes cosmologiques. On l'a dit ci-dessus, il semble que pour Thalès le monde ait été fait d'une bulle hémisphérique enchâssée dans la masse liquide primordiale ; la Terre serait un disque plat, flottant à l'intérieur de cette bulle sur sa face plane. De la sorte, il peut expliquer les tremblements de terre par les mouvements de l'eau sur laquelle elle repose (fragment 3 de la doxographie, encadré 116) ; ce qu'on rapprochera du fait que, chez les Grecs, Poséidon est à la fois le dieu de la mer et celui des tremblements de terre.

On ne sait si Thalès pensait que, comme la Terre flottait sur la mer d'en-bas (la face plane de la bulle hémisphérique), les astres flottaient sur les eaux d'en-haut (la voûte céleste assimilée à la partie concave supérieure de cette bulle) – ainsi que le croyaient les Égyptiens. On sait en revanche qu'il passait pour s'être fortement intéressé aux problèmes astronomiques. La doxographie lui attribua bon nombre de connaissances en ce domaine, connaissances qu'il n'a vraisemblablement pas pu avoir.

Avant d'étudier le détail de ces connaissances, il faut remarquer que sa conception astronomique générale va assez bien dans le sens de sa cosmologie : les astres ne sont plus considérés comme des dieux mais comme des phénomènes météorologiques (c'est-à-dire des phénomènes physiques du ciel, comme l'éclair, l'arc-en-ciel, etc.). La physique de Thalès voulait expliquer les phénomènes comme la pluie, la rosée, le brouillard, etc. ; toute une météorologie physique est ainsi construite, et elle est étendue aux questions astronomiques : les astres sont en effet confondus avec les autres phénomènes du ciel (*meteôros* : élevé dans les airs), sans qu'il y ait distinction de ceux qui sont atmosphériques et de ceux qui sont astronomiques, faute d'une évaluation correcte des distances. Cette confusion de la météorologie et de l'astronomie est propre à la « physiologie » (étymologiquement : l'étude de la nature) primitive, et notamment à celle des Milésiens. La doxographie précise que pour Thalès les astres étaient de nature terrestre mais enflammée ; ce qui correspond bien à une naturalisation des astres

qui quittent le rang de divinités. Le principe d'explication naturelle de la cosmologie et de la physique se retrouve dans l'astronomie proprement dite.

La doxographie prétend aussi que Thalès fut le premier à dire que la Lune n'a pas de lumière propre, qu'elle est illuminée par le Soleil, et que les éclipses de celui-ci sont dues à l'interposition de la Lune entre lui et la Terre. Ici, il s'agit d'une fausse attribution : ces découvertes sont celles d'Anaxagore, plus d'un siècle plus tard. Il est vraisemblable qu'elles ont été faussement attribuées à Thalès, parce qu'il passe pour avoir prédit une éclipse de soleil, que l'on pense être celle du 28 mai 585 av. J.-C. (pour certains auteurs, ce serait celle du 30 septembre 610 ; il faudrait alors avancer les dates de naissance et de mort de Thalès d'une vingtaine d'années). Vu toutefois le niveau de l'astronomie grecque du VI^e siècle (du point de vue des connaissances « positives »), il est très probable que cette prédiction a été un emprunt à l'astronomie chaldéenne (ou peut-être, moins vraisemblablement, égyptienne) et aux cycles par lesquels elle parvenait à une prévision approximative des éclipses sans en posséder l'explication correcte (comme il n'est fait mention nulle part de la connaissance de ces cycles par Thalès, P. Tannery va même jusqu'à penser que Thalès a pu rencontrer, au cours de ses voyages, un astrologue chaldéen qui lui aurait prédit quelques éclipses, prédictions que Thalès aurait reprises à son compte). Quoi qu'il en soit, cette prédiction de Thalès ne s'accompagnait pas de la connaissance de l'explication correcte des éclipses ; mais, son nom étant resté à cette prédiction, l'Antiquité a pu parfois lui attribuer faussement cette découverte.

La connaissance de l'équateur céleste, des tropiques et du zodiaque, s'il la possédait comme le prétend la doxographie, lui venait sans doute de l'astronomie chaldéenne (ou égyptienne). Celle du cercle arctique (considéré ici comme le cercle des étoiles toujours visibles) ne requiert qu'un minimum d'observations ; il est donc très vraisemblable qu'il l'a connu, soit directement, soit par l'astronomie chaldéenne (ou égyptienne). On remarquera à ce sujet que Thalès passe pour être l'auteur d'un traité d'astronomie nautique dans lequel il indiquait la Petite Ourse comme marquant le Nord (ce qu'on rapprochera de son origine phénicienne supposée, les Phéniciens étaient des navigateurs réputés qui connaissaient sans doute cela). En revanche, la connaissance du cercle antarctique (c'est-à-dire ici le cercle des étoiles toujours visibles en un point donné de l'hémisphère Sud – et non pas ce que nous appelons ainsi actuellement) est tout à fait invraisemblable, car elle nécessite la connaissance de la sphéricité de la terre, ou bien des voyages dans l'hémisphère Sud que Thalès n'a pas faits (s'il avait fait de tels voyages sur de grandes distances, il se serait aperçu que le cercle arctique défini comme le cercle des étoiles toujours visibles n'est pas fixe mais varie avec la latitude de l'observateur).

La connaissance de l'inégale longueur des saisons (et donc de la position des solstices et des équinoxes) est plus vraisemblable, encore qu'elle soit incertaine. D'autres connaissances (vraies ou fausses) comme celle de la mesure du diamètre du soleil, ou encore la longueur de l'année de 365 jours (et celle du mois de 30 jours) lui sont parfois attribuées ; elles lui venaient peut-être d'Égypte ou

de Mésopotamie (à supposer qu'il les ait réellement eues). Enfin, rien n'indique que Thalès ait connu les planètes en tant qu'astres errants différenciés des astres fixes.

La plupart de ces connaissances « positives » en astronomie (comme c'était le cas pour les mathématiques) étaient acquises depuis longtemps par les Mésopotamiens et les Égyptiens. Thalès (et d'autres, sans doute) en a été l'importateur en Grèce ; mais il n'est pas sûr que lui-même, ni même ses successeurs immédiats, ait parfaitement assimilé ces notions astronomiques importées. Comme dans les autres domaines, les connaissances « positives » grecques en astronomie étaient, à l'époque, bien inférieures à celles des Mésopotamiens et des Égyptiens ; mais elles avaient la supériorité en ce qui concerne l'esprit dans lequel elles étaient reprises et conçues. L'astronomie de Thalès était bien inférieure à celle des Chaldéens pour ce qui est de la connaissance des faits, mais elle lui était bien supérieure en ce qu'elle était intégrée dans une cosmologie déjà dégagée du mythe ; elle visait à l'explication de la nature des astres (et bientôt de leurs mouvements) et n'était plus simplement une astronomie de position servant à établir des horoscopes.

Plutôt que par le théorème auquel il a laissé son nom (et dont il n'est sans doute pas l'auteur), c'est par ce dégagement de l'étude de la nature vis-à-vis du mythe que Thalès est resté comme l'un des « phares » de l'histoire des sciences (et de la philosophie). Même si, là comme en d'autres points, les doxographes lui ont attribué plus qu'il n'a fait en réalité, il semble incontestable qu'il a amorcé ce mouvement.

Bien qu'il eût vraisemblablement des visées pratiques ou techniques dans son utilisation des connaissances mésopotamiennes et égyptiennes (ce en quoi il poursuivait ce qu'avaient fait ces peuples), ce n'est pas dans la technique mais dans le mythe que Thalès s'est ancré pour élaborer ou amorcer l'élaboration d'une science de la nature. Mais si elle s'enracinait dans le mythe, c'est que sa conception visait à le remplacer dans sa fonction explicative. Si on en croit les doxographes, c'est par des observations physiques qu'il aurait été amené à reprendre dans un sens différent le vieux mythe de l'eau primordiale ; on doit sans doute y ajouter l'influence de facteurs socio-politiques, comme la conception grecque de la démocratie et des principes constitutionnels (à l'arbitraire des dieux se substituent des lois naturelles, comme à l'arbitraire du pouvoir du roi se substituent les principes constitutionnels). Encore qu'il soit peut-être un peu exagéré d'attribuer à Thalès des notions telles que celle de lois naturelles, notions qui sont tout au plus implicites dans sa conception, et à l'état embryonnaire.

ANAXIMANDRE

Anaximandre (610-545, dates supposées et approximatives) vécut à Milet, tout comme Thalès dont il fut sinon le disciple du moins l'interlocuteur (on parle en

général de l'école de Milet, mais il n'est pas sûr qu'il y ait eu une école au sens strict du terme, avec maître et disciples ; il s'agissait peut-être de personnalités ayant simplement des relations et des discussions – facilitées ici par leur cohabitation dans la même ville). On ne sait pratiquement rien de la vie d'Anaximandre ; sinon qu'il passe pour avoir eu de l'intérêt pour l'astronomie, qu'il aurait été le premier à écrire un livre « Sur la Nature », et peut-être un ouvrage exposant quelques principes de géométrie. Il ne nous reste aucun fragment de ces ouvrages, et on ne connaît ses conceptions sur la nature et sur l'astronomie que par les commentaires qu'en ont faits les Anciens. Sa mathématique – s'il en a eu réellement une – n'a pas laissé de traces, si ce n'est la mention par Suidas (source peu sûre du ^xe siècle de notre ère) de cet ouvrage sur la géométrie.

Les quelques éléments qui nous restent de la conception physico-cosmologique d'Anaximandre suffisent à faire de lui l'un des tout premiers « savants », non seulement de l'Antiquité mais de tous les temps. On doit cependant reconnaître qu'elle fut de moins grande influence sur la pensée antique que celle de son successeur Anaximène, bien que cette dernière nous apparaisse aujourd'hui (peut-être à tort) comme de moindre valeur et, d'une certaine manière, comme une vulgarisation de la pensée d'Anaximandre (c'est peut-être d'ailleurs à cet aspect de vulgarisation d'une pensée très abstraite et élaborée – d'un style poétique et un peu obscur – que la conception d'Anaximène lui valut d'être considéré dans l'Antiquité comme le principal représentant de l'école de Milet, alors qu'il n'avait pas le mérite d'être à l'origine de cette école, comme Thalès, ni celui d'une pensée aussi élaborée que celle d'Anaximandre – il est vrai qu'il avait d'autres qualités, comme on le verra bientôt).

Mais revenons aux conceptions d'Anaximandre, et tout d'abord voici un choix de ce qu'en ont dit les auteurs antiques (encadré 119).

119. DOXOGRAPHIE CHOISIE D'ANAXIMANDRE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Anaximandre, fils de Praxiadès, de Milet, successeur et disciple de Thaïes a dit que l'illimité (*ἄπειρον*, *apeiron*) est le principe des choses qui sont, étant du reste le premier à user du terme de principe (*ἀρχή*, *arché*). Il dit qu'il n'est ni l'eau, ni rien d'autre de ce que l'on dit être des éléments, mais qu'il est une certaine autre nature illimitée dont sont engendrés tous les cieux et tous les mondes qui se trouvent en eux. Ce dont la génération procède pour les choses qui sont, est aussi ce vers quoi elles retournent sous l'effet de la corruption, selon la nécessité ; car elles se rendent mutuellement justice et réparent leurs injustices selon l'ordre du temps, dit-il lui-même en termes poétiques. Il est évident qu'après avoir observé la transformation mutuelle des quatre éléments (*terre, eau, air, feu*, d'après Empédocle, voir ci-après), il ne pouvait estimer qu'on

pût assigner à l'un un rôle de substrat, mais qu'il fallait bien qu'il y eût quelque chose d'autre en plus de ces quatre éléments. Il ne pense pas que la génération se produit par altération élémentaire mais à l'opposé par dissociation des contraires sous l'effet du mouvement éternel. (*Simplicius, Commentaire sur la Physique d'Aristote, 24, 13*)

2. [Anaximandre] disait que le principe des choses est une certaine nature de l'illimité dont naissent les cieux et le monde qui se trouve en eux. Cette nature est éternelle et ne vieillit pas ; elle enveloppe tous les mondes. [...] Il fut le premier à user du terme de principe ; en outre est éternel le mouvement dans lequel se produit la génération des cieux. Il disait encore que la Terre est en suspens hors de toute contrainte externe mais immobile à cause de son égal éloignement de toutes choses ; sa forme est ronde, arrondie à la façon d'une colonne de pierre ; l'une de ses extrémités planes est la surface que nous foulons, alors que l'autre se trouve à l'extrémité opposée. Les astres sont un cercle de feu, émanation du feu répandu dans le monde et entouré par l'air. Il existe des embouchures qui sont comme des trous de flûte, à travers lesquels on voit les étoiles ; de telle sorte que lorsque ces embouchures sont obturées les éclipses se produisent. Quand la Lune tantôt paraît pleine, tantôt diminue, cela vient de la fermeture ou de l'ouverture des trous. Le cercle du Soleil est vingt-sept fois plus long que celui de la Lune, et le Soleil plus haut que la Lune, mais les cercles des étoiles fixes sont plus bas. (*Hippolyte, Réfutation de toutes les hérésies, I, 6*)

3. La Terre, à ce qu'il prétend, a la forme d'un cylindre dont la profondeur est trois fois plus grande que la largeur. Il soutient encore que l'élément qui, à partir de l'éternité, engendre le chaud et le froid selon le processus de génération de ce monde, se trouve discriminé, et que de lui naît une sphère de feu qui enveloppe l'air autour de la Terre, comme fait l'écorce d'un arbre ; puis, de son éclatement en débris circulaires sont constitués le Soleil, la Lune et les astres. (*Pseudo-Plutarque, Stromates, 2*)

4. Les astres sont des condensations de l'air, en forme de roue, emplies de feu, soufflant de toutes parts des flammes par leurs orifices. (*Aétius, Opinions, II, XIII, 7*) – Anaximandre disait que le cercle du Soleil est vingt-huit fois plus grand que celui de la Terre, qu'il est semblable à une roue de char ayant un moyeu creux, rempli de feu, irradiant de toutes parts, en projetant le feu à travers une petite embouchure comparable au bec d'un soufflet de forge. (*Ibid., II, XX, 1*) – Anaximandre disait que le Soleil a une taille égale à celle de la Terre. En revanche le cercle à partir duquel se produit son exhalaison et par lequel il se meut est vingt-sept fois plus grand que la Terre. (*Ibid., XXI, 1*) – Anaximandre disait que la Lune est un cercle dix-neuf fois plus grand que la Terre, semblable comme celui du Soleil à la roue d'un char au moyeu creux et rempli de feu, placé comme lui obliquement, et ne possédant qu'une seule embouchure comme le bec d'un soufflet de forge. (*Ibid., II, XXV, 1*)

5. Au commencement tout l'espace autour de la Terre était occupé par l'humide premier ; puis le Soleil l'assécha et une partie [...] produisit par son

évaporation les vents et les mouvements du Soleil et de la Lune, tandis que la partie qui restait forma la mer ; c'est pourquoi, [...] la mer devient de plus en plus petite en s'asséchant et finira par être un jour entièrement desséchée. (*Aristote, Météorologiques, II, I, 353 b 6*)

6. Du tonnerre, des éclairs, de la foudre, des ouragans et des typhons. Anaximandre disait que tous ces phénomènes sont dus au souffle de l'air : car lorsqu'il se trouve entouré et comprimé dans un nuage épais et s'en trouve vivement expulsé du fait de sa légèreté et de sa faible densité, alors il y a déchirement du nuage, d'où le bruit, et la dilatation, d'où la fente lumineuse qui troue l'obscurité du nuage. (*Aëtius, Opinions III, III, 1*) – Anaximandre disait que le vent est un courant d'air qui se produit lorsque les parties les plus légères et les plus humides qui sont en lui sont mues et aspirées par le Soleil. (*Ibid., III, VII, 1*) – La pluie vient de la buée que le Soleil fait sourdre de la terre. Les éclairs se produisent lorsque le vent déchire les nuages en les frappant. (*Hippolyte, Réfutation de toutes les hérésies, I, 6*)

7. Anaximandre dit que les premiers animaux sont nés dans l'humide, enveloppés par une écorce épineuse ; et que, le temps aidant, ils évoluèrent vers une condition plus sèche et après avoir brisé leur écorce, ils survécurent un court instant. (*Aëtius, Opinions, V, XIX, 4*) – Anaximandre de Milet estimait que de l'eau et de la terre réchauffée étaient sortis soit des poissons, soit des animaux tout à fait semblables aux poissons. C'est au sein de ces animaux qu'ont été formés les hommes et que les embryons ont été retenus jusqu'à l'âge de la puberté ; alors seulement, après que ces animaux eurent éclaté, en sortirent des hommes et des femmes désormais aptes à se nourrir. (*Censorinus, Du jour de la naissance, IV, 7*)

Tout comme Thalès, Anaximandre cherche un principe fondamental sous les choses, à la fois élément premier et substrat. Si on en croit la doxographie, ce serait lui – et non Thalès – qui aurait été le premier à employer le nom de ἀρχή (*archê*) pour désigner cet élément ; nom qui, à vrai dire, donne à celui-ci une signification de « premier dans le temps » plutôt que de substrat. Cet *archê* serait donc d'abord une origine de toutes choses ; la signification de substrat ne serait qu'une connotation ; la notion de substrat (c'est-à-dire de « matière en général » indépendante de tout objet particulier qui n'en est que la mise en forme) n'étant pas encore bien acquise.

Contrairement à Thalès, Anaximandre ne choisit pas un élément actuel (l'eau), mais préfère ce qu'il appelle l'*apeiron* (ἄπειρον) ; c'est-à-dire un indéfini quantitatif et qualitatif ; infini (sans limites : c'est-à-dire sans fin et sans forme) dans l'espace et le temps, et indéterminé qualitativement. On ne peut guère que spéculer sur les motifs de ce choix. Sans doute y a-t-il une résurgence des anciens mythes qui plaçaient à l'origine de toutes choses le chaos (dont on a vu qu'il n'était guère définissable que par des qualités négatives d'indétermination). Mais il y a aussi la volonté de choisir un élément « plus subtil et en même temps moins

nettement déterminé par ses apparences pour pouvoir servir de principe à toutes choses » (R. Baccou). Il faut en outre opposer tous les éléments actuels (dont l'eau) à ce principe les sous-tendant et qui est leur origine ; cet élément premier se différenciant des éléments actuels (qui sont déterminés dans l'espace, le temps et par la qualité) par son indétermination et son infinitude. D'après Aristote, il faut que cet élément soit infini, or les éléments actuels vont par deux contraires, il faut donc que l'élément primordial soit différent des éléments actuels pour que son infinitude ne soit pas l'annulation de son contraire (on verra un peu plus loin comment jouent les contraires dans la physique d'Anaximandre).

Quoi qu'il en soit de l'origine du choix de l'*apeiron*, Anaximandre continue le mouvement amorcé par Thalès de la recherche d'une explication du monde à partir d'un élément primordial susceptible de transformations.

C'est de cet *apeiron*, indéterminé qualitatif et quantitatif, que toutes choses tirent leur existence, et c'est ce à quoi elles retournent à leur destruction. Comme c'était le cas pour l'eau de Thalès. Cependant, le mode de transformation de l'*apeiron* (si tant est que l'on puisse ici parler de transformations) est tout à fait différent de celui de l'eau. Pour Anaximandre, l'existence des choses (c'est-à-dire leur détermination qualitative et quantitative, leur différenciation) ne se comprend que par l'empiétement d'un élément sur son contraire. Cet excès de l'un par rapport à l'autre rompt leur équilibre au sein de l'indifférenciation et provoque la détermination qualitative et quantitative, donc l'existence d'une chose déterminée. L'*apeiron*, indéterminé qualitatif et quantitatif, se comprendrait alors comme le mélange de tous les couples de contraires, chacun de ces contraires étant « neutralisé » à l'intérieur de son couple par son opposé. La détermination des choses résulterait de la rupture de l'équilibre, de l'excès de tels ou tels éléments sur leurs opposés. Cet excès d'un élément sur son contraire est conçu par Anaximandre comme une injustice de l'un par rapport à l'autre, donc sur un mode moral. La différenciation de choses déterminées à partir de l'*apeiron* est alors le résultat d'une injustice, si ce n'est une injustice elle-même ; le parfait équilibre entre les contraires est censé, par conséquent, être l'expression de la justice – mais c'est aussi l'indétermination. Cette injustice devra être payée par le retour à l'indifférenciation, donc par l'avancée du contraire déficitaire qui rétablit l'équilibre, et le retour des choses déterminées au sein de l'*apeiron*.

On retrouvera ce jeu des contraires dans la détermination des choses chez Héraclite, mais ce sera alors tout différent. Pour Anaximandre, il faut d'une part remarquer le caractère pessimiste d'une telle conception (qui ramène toute existence particulière à une injustice) et, d'autre part, cet emploi d'une notion d'injustice dans l'explication quasi physique du monde. La meilleure manière d'expliquer un tel emploi est certainement le parallèle déjà évoqué avec les facteurs sociopolitiques : la justice comme équilibre entre les contraires n'est pas sans rappeler le principe démocratique de la légitimité comme équilibre entre les différents membres de l'assemblée (chacun d'eux étant égal aux autres – la légitimité résulte de l'équilibre qui préserve les droits et intérêts de chacun, plus encore que ceux de la majorité) ; le déséquilibre au profit de certains est alors une

injustice. Un tel principe d'équilibre entre les différents éléments (et spécialement entre les contraires) est une constante dans la science grecque, surtout dans la médecine (d'Alcméon de Crotone jusqu'à Hippocrate de Cos, en passant par Empédocle, pour la période qui nous intéresse) où la santé est toujours définie comme l'équilibre entre les différents composants du corps, tandis que la maladie est le déséquilibre en faveur de l'un d'eux. C'est chez Anaximandre qu'on le rencontre pour la première fois. L'emploi de cette notion d'injustice s'explique d'une part en ce que la conception d'Anaximandre n'est pas celle d'une science de la nature telle que nous la connaissons aujourd'hui, mais une philosophie (pessimiste) comprenant une étude de la nature ; et, d'autre part, en ce que l'explication du monde importe dans la nature des principes qui sont ceux de l'organisation politique grecque de l'époque. On verra un peu plus loin qu'Anaximandre a fait une autre importation de ces principes dans son astronomie.

On retrouve ce principe général de séparation des contraires, antérieurement indifférenciés au sein de l'*apeiron*, dans l'explication de la formation et de la structure du monde (et pas seulement des choses en général). La formation du monde à partir de l'*apeiron* se fait par l'apparition de quelque chose capable de séparer le chaud et le froid (ce qu'un thermodynamicien appellerait un démon de Maxwell). Une sphère de flammes (chaud) se forme alors, entourant le froid comme une écorce. Cette sphère se déchire en anneaux et forme les astres (voir ci-dessous) ; du froid central dérivent l'air, l'eau et la terre. Reprenons ceci plus en détails.

La séparation du chaud et du froid, et la formation de la sphère de feu, seraient inhérentes au mouvement de l'*apeiron*, mouvement qui est donné en même temps que lui et ne se justifie donc pas par une cause externe (ce qui serait difficile vu qu'il est le tout indifférencié). Il est bien difficile d'imaginer ce que pourrait être le mouvement de l'*apeiron* (du fait de son indétermination quantitative et qualitative, que signifie un mouvement pour lui ?). Le plus vraisemblable serait de l'assimiler à un mouvement de tourbillon, dont on trouve la trace dans le mouvement circulaire du ciel et des astres ; un tel mouvement circulaire étant d'autre part celui qui s'accommode le mieux de l'infinité en temps et espace : l'infini spatial peut tourner sur lui-même, et il peut le faire pendant un temps infiniment long « sans sortir de lui-même ». On doit cependant noter qu'Anaximandre pensait qu'il y avait plusieurs mondes – voire une infinité – dans l'espace et dans le temps (chacun de ces mondes étant « mortel » et retournant à l'*apeiron*). Il faudrait alors penser qu'il y avait formation de plusieurs tourbillons au sein de l'*apeiron* (conçu comme une sorte d'étendue infinie, en même temps que comme un indéterminé qualitatif, le chaos du mythe) ; à chacun de ces tourbillons correspondrait un monde.

Si la séparation du chaud et du froid est inhérente à ce mouvement de tourbillon (jouant comme une centrifugeuse – à ceci près que c'est l'élément le plus léger qui va à la périphérie au lieu du plus lourd, le feu étant en général

considéré comme plus léger que la terre et le froid), il faut encore comprendre pourquoi cette sphère de feu se déchire en anneaux. L'explication serait que, la partie froide étant humide, la sphère de flammes provoque une évaporation (formation de l'air – vapeur) qui donne naissance à des vents qui, par leurs mouvements et leur pression, vont déchirer l'enveloppe de feu (on peut supposer qu'au-delà de cette enveloppe persiste l'*apeiron* – qui contient encore d'autres mondes –, un peu comme l'eau chez Thalès est non seulement le principe du monde mais aussi ce qui est au-delà de celui-ci, ce en quoi il est enchâssé). La partie humide qui ne s'est pas évaporée forme la mer – tandis que la terre serait le dépôt laissé par l'évaporation ; la mer continuerait à s'évaporer, et donc à se rétrécir. Toute cette partie de la cosmologie n'est pas sans rappeler les thèses de Thalès ; elle est assez directement physique et n'y figure plus le processus de différenciation des contraires par le déséquilibre au sein de l'*apeiron* (si ce n'est la séparation initiale du chaud et du froid).

Nous avons donc la terre et la mer, entourées de l'air-vapeur qui, par sa pression, a déchiré en anneaux la sphère de feu entourant le monde. C'est par ces anneaux qu'Anaximandre explique les astres. Pour cela, il suppose qu'ils sont entourés d'« air condensé », c'est-à-dire de quelque chose qu'on pourrait assimiler à un nuage opaque. Ces nuages d'air condensé masquent les anneaux, mais ils comportent des ouvertures par lesquelles on peut voir le feu ; ces ouvertures sont les astres. La conception d'Anaximandre est donc de considérer les astres non comme des concentrations locales de feu, mais comme des anneaux de feu dont la lumière est masquée par une enveloppe opaque qui les contient, sauf en quelques points. Ces anneaux tournent (autour de la Terre ? autour du pôle Nord céleste ?), ce qui explique le mouvement des astres. Et ce mouvement serait dû aux vents déjà responsables du déchirement de la sphère de feu (fragment 5 de l'ancadré 119). Enfin, ces orifices, par lesquels on peut voir le feu des anneaux se ferment parfois plus ou moins complètement ; cela explique les éclipses de Soleil et de Lune, et, d'autre part, les différentes phases de la Lune.

Pour Anaximandre, l'anneau des astres fixes est le plus proche de la Terre (on considère souvent que cet anneau est la Voie Lactée – se poserait alors le problème des étoiles qui ne sont pas dans cette Voie Lactée, doit-on supposer d'autres anneaux pour elles ?). Vient ensuite l'anneau de la Lune, puis celui du Soleil (le plus éloigné de la Terre – parce que le plus chaud et donc porté le plus à la périphérie du monde par le mouvement tourbillonnaire ?). Le diamètre de ces anneaux est de 9 fois le diamètre de la Terre pour celui des étoiles fixes, de 18 fois pour celui de la Lune, et de 27 fois pour celui du Soleil (on trouve parfois les valeurs de 19 et 28 dans la doxographie – il s'agirait alors des diamètres extérieurs, l'épaisseur des anneaux serait égale au diamètre de la Terre). Ces anneaux, enfin, ont des inclinaisons réciproques correspondant à celles des trajectoires de ces astres dans le ciel.

La Terre est au centre du monde, elle ne repose sur rien, elle tient en équilibre parce qu'elle est à égale distance de toutes choses. Cette position centrale de la terre s'accorde assez bien avec la conception de la sphère de feu précédemment

évoquée ; il semble en effet qu'une telle position centrale s'accompagne en général d'une conception sphérique de l'univers. On doit remarquer l'explication très « abstraite », purement géométrique et peu mécaniste de l'équilibre et de l'absence de support de la Terre : l'égale distance à toutes choses. Ici encore, on retrouve cette notion d'équilibre précédemment évoquée, équilibre qui est maintenant géométrique alors que dans le cas de l'opposition des contraires il était qualitatif (comparer cette position centrale et équilibrée de la Terre et l'organisation politique et spatiale de la cité grecque centrée sur l'agora, le lieu de l'assemblée – cf. J.-P. Vernant).

On aurait pu s'attendre à ce que la Terre ait une forme sphérique (du fait de la sphère de feu et de la position centrale de cette Terre, qui, esthétiquement, appellent une telle forme). Cependant, Anaximandre la considère comme cylindrique ; il précise même que sa hauteur est égale au tiers de son diamètre, ce qui en fait un disque assez plat. L'esthétique géométrique est un peu choquée de cette Terre plate ayant une position centrale dans une sphère (d'autant plus qu'elle est censée être située à égale distance de toutes choses, ce qui s'accorderait mieux avec une forme sphérique). Il est probable qu'Anaximandre a voulu rester ici au plus près de l'expérience quotidienne, qui nous montre la terre comme à peu près plate et limitée circulairement par l'horizon. Mais il se peut aussi que cet aspect aplati provienne d'une contamination par l'explication des astres comme étant des anneaux (surtout si l'on considère que les anneaux du Soleil et des étoiles « fixes » tournent autour du pôle Nord céleste et non autour de la Terre) ; la Terre serait un anneau « plein » (une roue pleine, alors que les astres sont des roues creuses – la comparaison à des roues se trouvent dans la doxographie) ; ce qui est rendu plus vraisemblable par le rapport $1/3$ de la hauteur et du diamètre, rapport que l'on peut rapprocher des diamètres 9, 18 et 27 des anneaux des astres (tous multiples de 3). Si donc on considère les anneaux des astres plutôt que la sphère de feu, l'esthétique géométrique est moins choquée de la forme aplatie de la Terre (peut-être est-ce cette forme qui, conçue la première – c'est sans doute la terre de Thalès –, a contaminé l'explication des astres en suggérant pour eux des anneaux creux – dont ceux du Soleil et des étoiles fixes tourneraient autour d'un axe joignant le centre du disque de la Terre à l'étoile polaire).

Ces préoccupations d'esthétique géométrique peuvent sembler bizarres ; elles ne sont pas injustifiées : la conception de la Terre centrale et en équilibre parce qu'à égale distance de toutes choses est purement géométrique et très esthétique. C'est la première fois que l'on rencontre en astronomie une telle explication géométrique (et non purement mécanique, comme celle de Thalès où la Terre flotte sur l'eau). D'une manière générale, cette astronomie d'Anaximandre est la première à proposer un modèle géométrique du mouvement des astres, modèle qui, de plus, est relié à la physique et à la cosmologie. Ce modèle est encore très rudimentaire et imprégné de caractères mythiques (par exemple, le rapport $1/3$ de la hauteur et du diamètre de la Terre, les valeurs 9, 18 et 27 des anneaux des astres ne sont guère justifiables que par une mystique des nombres, et spécialement du nombre 3). Mais ces caractères mythiques sont sur la voie d'une

naturalisation : ainsi ces rapports, s'ils ne sont pas encore l'« harmonie des sphères » des Pythagoriciens, sont une ébauche de la recherche de rapports mathématiques sous-tendant le mouvement des astres – tout comme cette conception en anneaux préfigure les sphères et, d'une manière générale, l'astronomie géométrique. D'un simple point de vue de la connaissance astronomique « positive », ce modèle est inférieur à ce que savaient les Chaldéens (il ne permet pas de calculer le mouvement ou la position d'un astre) ; néanmoins il a l'avantage de la géométrisation, de la volonté explicative du mouvement (ce n'est pas une simple astronomie de position), et enfin (et surtout) d'une naturalisation des phénomènes astronomiques et de leur mise en relation avec une physique et une cosmologie plus larges ; ce en quoi Anaximandre poursuit ce que Thalès avait amorcé.

D'autre part, l'astronomie prend ainsi un peu de distance d'avec la météorologie, car ces mouvements circulaires donnent un ordre cyclique aux phénomènes astronomiques, ordre qu'on ne rencontre pas dans le cas des phénomènes météorologiques (qui se produisent « n'importe quand », et non à des dates et heures régulières).

La météorologie d'Anaximandre est cependant en étroites relations avec sa conception physique générale. Le tonnerre et l'éclair sont causés par les vents : le vent, quand il est enfermé dans un nuage épais et qu'il s'échappe avec violence, le rompt avec bruit (le tonnerre) ; l'éclair est l'aspect lumineux de la déchirure contrastant avec l'obscurité du nuage. Pour fantaisiste qu'elle puisse paraître, on doit remarquer la volonté naturaliste de cette explication ; on est loin ici de la foudre de Zeus. Le vent, lui, est un courant d'air provoqué par le Soleil qui met en mouvement les particules les plus fines ; on s'éloigne du mythe d'Éole pour se rapprocher de la physique et de la rationalité. La pluie, comme chez Thalès, est produite par l'humidité pompée par le Soleil, humidité qui retombe ensuite. Toute cette météorologie, qui est mieux séparée de l'astronomie, est donc assez cohérente et naturalisée. Ce que Thalès avait commencé est bien poursuivi par Anaximandre ; l'explication du monde s'éloigne de plus en plus du mythe, se naturalise et se rationalise.

Déjà remarquable pour sa physique, sa cosmologie, son astronomie et sa météorologie, Anaximandre passe pour avoir eu des conceptions biologiques très élaborées pour son temps. Certains voient même en lui le précurseur des théories évolutionnistes. Ce qui frappe dans cette biologie, c'est qu'elle est totalement séparée de la médecine ; elle n'a qu'une visée explicative, et aucune visée pratique médicale.

Le fragment 7 de l'encadré 119 (page 82) donne quelques-unes des idées biologiques qui lui sont attribuées par les doxographes. Il fait naître les premiers êtres vivants dans l'eau, et surtout il fait dériver l'homme d'un autre animal, en arguant que le nouveau-né humain est incapable de se nourrir seul et que les premiers doivent donc avoir été élevés par (et être nés de) un animal qu'il suppose être un poisson (ce choix d'un poisson, s'il n'est pas une simple

« contamination » par la supposée origine aquatique des êtres vivants, a pu être inspiré soit par une espèce de requin vivipare, portant donc ses fœtus, soit par certains poissons qui prennent soin de leurs petits, ne les abandonnant pas à leur sort et allant jusqu'à les protéger des éventuels prédateurs en leur offrant l'asile de leur bouche). Il est sans doute exagéré d'en conclure qu'Anaximandre est le premier évolutionniste en biologie ; il est néanmoins remarquable que sa biologie pose de la sorte la nature animale de l'homme, et s'efforce d'en donner une justification rationnelle. Cette biologie tend vers l'explication naturelle et rationnelle ; elle peut en outre s'articuler avec ses conceptions physiques.

Pour achever son portrait de penseur universel, il a la réputation (qui est aussi celle d'Anaximène) d'avoir, sinon inventé, du moins introduit le gnomon en Grèce (à Sparte, plus précisément) ; ce que rien ne prouve : le niveau technique grec n'était pas très élevé à l'époque, mais il est quand même fort possible que le gnomon y ait été connu depuis un certain temps (soit par sa re-découverte, soit par son importation). Il passe également pour le premier « géographe » de l'histoire : il aurait tracé la première carte du monde ; elle ne nous est pas parvenue, mais on pense qu'elle devait représenter le monde comme un cercle entouré d'une mer, avec la Grèce au centre.

D'une manière générale, outre les mathématiques dont rien ne prouve qu'il se soit préoccupé, les conceptions d'Anaximandre prolongent celles de Thalès, sinon dans leur contenu, du moins dans leur esprit : il s'agit avant tout de l'étude de la nature (d'où le nom de *physiologues* donné à ces penseurs), de la recherche d'un élément premier dont dérivent les choses, un élément qui est une base commune travaillée différemment par le devenir. Si cette étude de la nature marque, d'autre part, une volonté de rationalisation – si ce n'est encore une parfaite rationalité –, la notion d'expérience semble lui être tout à fait étrangère ; nulle part il n'y est fait mention ; un peu comme si cette notion d'expérience était considérée comme appartenant à la pratique et à ses approximations suffisantes, n'ayant pas à intervenir dans une théorie qui, tout en s'ancrant dans le mythe, vise à le remplacer dans l'explication qu'il donne du monde.

Cette continuité de Thalès à Anaximandre (et, on va le voir, à Anaximène) explique qu'on parle de l'école de Milet, bien qu'il ne soit pas sûr qu'il y ait eu des rapports de maître à disciples entre les différents physiologues qui la composent.

ANAXIMÈNE

Tout comme Thalès et Anaximandre, Anaximène (580-530 av. J.-C. environ) vécut à Milet. Un peu plus jeune qu'Anaximandre, il passe pour avoir été son disciple et son successeur. Dans l'Antiquité, il était considéré comme le plus éminent représentant de l'école de Milet. Il aurait écrit un livre exposant ses conceptions, livre dont il ne reste rien mais qui aurait été d'un style simple et

facilement compréhensible, ce qui est sans doute la cause de sa grande réputation dans l'Antiquité (alors que Thalès était déjà loin et n'avait pas laissé de livre, si ce n'est peut-être une astronomie nautique, et qu'Anaximandre était un auteur exposant des idées assez complexes et élaborées, dans un style poétique sans doute obscur). Comme pour Thalès et Anaximandre, nous devons donc nous référer aux commentaires des auteurs antiques pour essayer de reconstituer ce que pouvaient être ses conceptions.

120. DOXOGRAPHIE CHOISIE D'ANAXIMÈNE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Anaximène, lui aussi de Milet, fils d'Eurystrate, disait que le principe est l'air illimité, principe dont sont engendrées les choses actuellement engendrées ainsi que celles qui le furent et le seront, et encore les dieux et les choses divines : toutes les autres créatures procèdent de celles qui dérivent de lui. La forme de l'air est la suivante : lorsqu'il est parfaitement réparti, il est invisible à l'œil, mais il devient visible sous l'effet du froid, du chaud, de l'humide et du mû. Il se meut sans cesse, car si le mouvement n'existait pas, toutes les choses qui changent ne changeraient pas. Il prend un aspect différent selon qu'il est condensé ou raréfié, car lorsqu'il atteint un certain degré de raréfaction il devient feu ; en revanche les vents sont de l'air condensé et le nuage est formé à partir de l'air, par compression ; sous l'effet d'une condensation plus grande il devient eau et, condensé davantage encore, il devient terre et, condensé au maximum, pierres ; de la sorte la génération est principalement produite par les contraires qui sont le chaud et le froid. (*Hippolyte, Réfutation de toutes les hérésies*, I, 7)

2. Anaximène, fils d'Eurystrate, de Milet, affirmait que le principe des choses est l'air : c'est de lui que toutes choses sont engendrées et c'est à lui que toutes choses retournent après dissolution. De même, dit-il que notre âme, qui est d'air, nous soutient, de même le souffle et l'air enveloppent la totalité du monde. (*Aétius, Opinions*, I, III, 4)

3. Le mouvement existe de toute éternité ; il dit que la Terre est engendrée au commencement par la compression de l'air et qu'elle est tout à fait plate ; c'est la raison pour laquelle elle est littéralement suspendue dans l'air. Le Soleil, la Lune et les autres astres tirent de la Terre le principe de leur génération ; le Soleil lui apparaît donc comme de la terre qui, sous l'effet d'un mouvement rapide, s'échauffe suffisamment pour s'embraser ainsi. (*Pseudo-Plutarque, Stromates*, 3)

4. La Terre est plate et soutenue par l'air et, de la même façon, le Soleil, la Lune et les autres étoiles qui sont tous de nature ignée, sont suspendus dans l'air du fait de leur forme plate. Les astres sont formés à partir de la Terre du fait que s'échappent d'elle des exhalaisons humides dont la raréfaction engendre le feu qui, en s'élevant dans les cieux, donne naissance aux astres. Il

existe aussi des corps de nature terrestre dans le lieu occupé par les astres, et qui ont été entraînés avec eux dans leur mouvement. Il dit que les astres ne se meuvent pas sous la Terre, ainsi que d'autres l'avaient supposé, mais autour de la Terre, comme autour de notre tête pivote notre bonnet. Le Soleil se trouve caché non pas parce qu'il va sous la Terre, mais parce qu'il est masqué à notre regard par les parties les plus élevées de la Terre et du fait de l'augmentation de la distance entre lui et nous. Les astres ne produisent pas de chaleur du fait de l'immensité de l'intervalle entre eux et nous. (*Hippolyte, Réfutation de toutes les hérésies, I, 7*)

5. Anaximène affirmait que le Soleil est fait de feu. (*Aétius, Opinions, II, XX, 2*) – Anaximène disait que le Soleil est large comme une feuille. (*Ibid., XXII, 1*) – Anaximène disait que c'est sous l'effet de la poussée de l'air condensé et résistant que les astres effectuent leurs révolutions. (*Ibid., XXIII, 1*) – Anaximène dit que la Lune est faite de feu. (*Ibid., II, XXV, 2*) – Anaximène disait que les astres sont comme des clous enfoncés dans la voûte cristalline. (*Ibid., XIV, 3*) – Anaximène disait que la substance des astres est ignée, mais que certains corps terreux les entourent et sont entraînés dans leur rotation, tout en demeurant invisibles. (*Ibid. II, XIII, 10*)

6. Les vents sont engendrés lorsque l'air condensé se déplace sous l'effet de la poussée ; en revanche quand l'air vient à se rassembler et à se condenser, des nuages sont engendrés et, selon le même processus, se changent en eau ; la grêle se forme lorsque l'eau qui tombe des nuages est gelée ; la neige, quand les parties qui se condensent sont plus humides (*Aétius dit : « la neige, lorsqu'un souffle d'air est emprisonné dans l'humide »*). L'éclair se produit lorsque les nuages sont déchirés par la force des vents, car leur déchirement engendre une lueur brillante et ignée ; l'arc-en-ciel se produit lorsque les rayons du soleil tombent sur de l'air condensé. Le tremblement de terre se produit lorsque l'altération de la terre s'intensifie sous l'effet du réchauffement et du refroidissement. (*Hippolyte, Réfutation de toutes les hérésies, I, 7*)

Tout comme ses prédécesseurs, Anaximène cherche un élément primordial d'où proviendraient les choses, et dont elles seraient faites. Il semble revenir en arrière sur la voie de l'abstraction par rapport à Anaximandre, puisqu'il choisit comme principe un élément actuel : l'air. Cependant, il adjoint à cet air l'épithète d'*apeiron* ; le principe est donc un « air indéterminé », ou « air illimité ».

Qu'est-ce que cela signifie, de quel air s'agit-il ? La corporéité de l'air n'était pas encore établie (la notion de matière n'était pas encore bien dégagée, *a fortiori* celle d'une matière gazeuse). L'air est invisible, impalpable et indéfini pour les sens tant qu'il est immobile et à température « normale » ; mais l'action du chaud, du froid, de l'humidité, du mouvement lui donne une apparence sensible, et donc définie. C'est là qu'il faut voir la raison du choix d'Anaximène. L'air ainsi conçu (et non pas comme un gaz au sens moderne) est éminemment plastique et fluide ; d'une forme indéfinie (quand il est immobile), il peut devenir sensible et

défini de différentes manières (air en mouvement, air chaud, froid...). Cette plasticité se prête bien à l'explication du devenir divers des choses ; sa forme immobile (insensible et indéterminée) se prête bien à la « concrétisation » de l'*apeiron* d'Anaximandre.

Cet air indéterminé d'Anaximène est à la fois matière et espace, sans être aucun des deux – ou, plutôt, il est un indéterminé où l'espace délimité et la manière définie qualitativement des corps ont leur origine. Aujourd'hui, on considère qu'un corps a à la fois une forme spatiale et une matière définie qualitativement ; tant que ces notions générales de matière et de forme spatiale ne sont pas acquises et séparées abstraitement, la matière et l'espace occupé par le corps forment un tout qui est ce corps lui-même. L'air d'Anaximène n'est pas déterminé spatialement (c'est-à-dire qu'il n'a pas de limites spatiales qui lui donnent une forme – il est illimité ou infini, non seulement dans le sens de très grand en dimensions, mais surtout dans le sens de non-limité en une forme définie, non-fini, non-terminé, non-déterminé) ; et il est indéterminé qualitativement (il n'a pas de qualités sensibles définies, du moins quand il est immobile et à température normale). Cet air est donc à la fois un espace non-limité en une forme précise (et sans doute de dimensions infiniment grandes, puisqu'il n'y a rien qui le limite), et une matière non déterminée qualitativement ; mais il n'est aucun des deux pris séparément, car ces deux notions sont confondues en une seule qui est justement l'*apeiron*. L'air est la concrétisation de cet *apeiron*. La différenciation des choses à partir de cet air doit consister en leur délimitation en des formes spatiales précises et en leur acquisition de qualités matérielles sensibles. Ces deux opérations sont confondues en une seule, car que serait une forme spatiale précise pour une chose (et non pour une abstraction géométrique) si elle n'avait pas au moins une qualité sensible (ne serait-ce que visuelle, si elle était impalpable), et réciproquement que serait une qualité sensible si elle n'était pas spatialement délimitée (par d'autres objets dotés d'autres qualités) ?

D'une certaine manière, Anaximène ne trahit donc pas Anaximandre, ni ne revient en arrière. On peut presque dire qu'il le vulgarise en permettant une conception plus concrète et plus facilement compréhensible de ce qui est chez Anaximandre une abstraction insaisissable. C'est sans doute de cela (et de son style qui était, dit-on, simple et clair) qu'Anaximène a tenu son succès dans l'Antiquité et la réputation d'être le représentant le plus important de l'école de Milet.

L'air étant, chez Anaximène, une manière concrète de concevoir l'*apeiron*, il faut que le principe de différenciation des choses, le principe régissant les transformations de cet air soit, lui aussi, concret (alors qu'Anaximandre pouvait se référer au principe abstrait et moral de l'injustice qui fait empiéter un élément sur son contraire, pour expliquer la différenciation des choses). L'élément primordial étant devenu quasiment physique (au sens moderne), il faut que le principe de transformation de cet élément devienne aussi quasiment physique. Ce principe est, chez Anaximène, la raréfaction et la condensation de l'air.

La raréfaction de l'air produit le feu. Sa condensation produit l'eau, puis la

terre. Suivant une condensation croissante (ou une raréfaction décroissante), on a donc la progression suivante : feu – AIR – air condensé (nuages) – eau – terre – pierre.

Pour résumer tout cela, nous dirions que, si l'on peut admettre une régression par rapport à Anaximandre en ce qui concerne le degré d'abstraction de l'explication, la conception d'Anaximène a le mérite d'être plus saisissable physiquement, et d'avoir précisé clairement le principe de transformation de l'élément premier. La conception d'Anaximène est une physique du devenir, où les choses se transforment les unes en les autres selon certains principes (qui sont uniquement qualitatifs, il n'y a rien de mesurable ici). La conception d'Anaximandre était plus proche d'une ontologie, où il s'agissait moins de transformations d'un élément physique premier que de la différenciation (temporaire – puisque l'injustice doit être payée) d'existants déterminés à partir de l'indéterminé. Avec sa dimension philosophique et morale, cette théorie d'Anaximandre est beaucoup plus proche du mythe que celle d'Anaximène, qui est beaucoup plus terre-à-terre.

Il est très peu probable qu'Anaximène ait réfléchi sur sa conception en ces termes. Sans doute de telles considérations (formulées différemment) ont-elles joué ; peut-être l'exemple de Thalès est-il intervenu (sa conception est beaucoup plus « physique » que celle d'Anaximandre). Si l'on en croit les doxographes, Anaximène s'appuyait aussi sur certaines observations et analogies physiques pour expliquer et justifier son choix de l'air (outre ce que nous avons dit ci-dessus de son insensibilité quand il est immobile, et sa détermination sensible quand il est en mouvement, chaud, froid, etc.). Ainsi, il se réfère à la respiration dans une observation qui lui est attribuée par Plutarque : lorsqu'on souffle avec la bouche largement ouverte, l'air exhalé est chaud et peu dense (sa pression est faible) ; au contraire, lorsqu'on souffle avec les lèvres rapprochées de manière à ne laisser qu'un petit orifice, l'air exhalé est froid et dense (sa pression est plus forte). On retrouve donc dans la respiration ce phénomène de raréfaction et de condensation, en même temps que de chaud (feu) et de froid, qui sous-tend la physique d'Anaximène.

Mais, cela va plus loin qu'une simple analogie. Pour Anaximène, le monde respire, et sa respiration est ce qui sous-tend sa formation et son maintien, de la même manière que notre respiration est ce qui nous soutient et nous maintient en vie. L'âme est le souffle qui nous soutient en tant qu'êtres vivants, et l'air est le souffle qui soutient le monde – c'est en quelque sorte son âme. De manière beaucoup plus évidente que chez Thalès (*a fortiori*, que chez Anaximandre), le monde différencié est quasiment assimilé à un organisme (sans qu'il y ait cependant l'espèce d'hylozoïsme rencontrée chez Thalès). Si l'air est le souffle du monde, son âme – comme le souffle est l'âme de l'être vivant –, on ne peut pas cependant aller jusqu'à penser que, pour Anaximène, cet air était non seulement l'élément premier mais aussi le principe organisateur du monde différencié ; c'est Diogène d'Apollonie qui se rapprochera d'une telle conception (voir ci-après).

À cette physique et cette cosmologie, Anaximène articule une météorologie qui rappelle celle d'Anaximandre. Les vents sont de l'air condensé ; quand la condensation s'accroît, ils forment les nuages. La pluie est due à la condensation des nuages, du fait des mouvements de l'air. S'il s'y ajoute du froid, cela donne de la grêle ou de la neige (quand de l'air est emprisonné dans l'eau congelée). Ces explications sont l'application directe du principe de raréfaction-condensation censé expliquer les transformations de l'air primordial.

Le tonnerre et l'éclair sont expliqués comme chez Anaximandre. L'arc-en-ciel est le reflet du Soleil sur une nuée épaisse (air condensé). Les tremblements de terre sont dus à la succession de fortes sécheresses et de grandes pluies (ou à de fortes variations de température, qui dessèchent et détrempent la terre).

Quoi qu'on puisse penser aujourd'hui du caractère fantaisiste de telles explications (encore que celle de l'arc-en-ciel ne soit pas tellement éloignée de la vérité – elle est en tout cas bien loin de l'écharpe d'Iris) on doit reconnaître qu'il y a poursuite de la tentative d'explication non mythique de ces phénomènes météorologiques ; il y a naturalisation, et même physicalisation (au sens moderne) de l'explication.

Cette physicalisation se retrouve dans l'astronomie d'Anaximène, qui est toutefois en très nette régression par rapport aux conceptions d'Anaximandre. Ainsi, la Terre ne tient plus en équilibre parce qu'elle est à égale distance de toutes choses, mais elle est large et plate de sorte qu'elle flotte sur l'air qui la soutient. La conception est beaucoup moins abstraite et géométrique, mais beaucoup plus facilement compréhensible d'une manière physique concrète (elle rappelle celle de Thalès, où la Terre flotte sur l'eau).

Pour ce qui est du Soleil, de la Lune et des autres astres, il en est de même : ils flottent sur l'air grâce à leur « largeur » et leur minceur (ils sont assimilés à des disques plats). Cette proposition semble cependant en opposition – au moins en ce qui concerne les étoiles – avec une autre qui veut que les astres soient fixés comme des clous sur la voûte cristalline du ciel, voûte faite d'air solidifié. On peut lever cette contradiction en admettant que les corps qui flottent dans l'air sont, outre le Soleil et la Lune, les planètes – et non pas les étoiles fixes qui, elles, seraient bien attachées à la voûte cristalline du ciel. On aurait donc le Soleil, la Lune et les planètes qui flottent sur l'air compris entre la Terre et la voûte céleste sur laquelle sont fixées les étoiles. Le mouvement du tout serait entraîné par le mouvement de l'air. Cette limitation de l'univers par une voûte solide est un peu en contradiction avec l'air illimité – à moins que cet air ne se continue au-delà de la voûte, comme il se continue sous la terre qui repose sur lui.

Le fragment 5 de la doxographie dit que « *c'est sous l'effet de la poussée de l'air condensé et résistant que les astres effectuent leurs révolutions* ». Certaines traductions disent « *retours* » au lieu de « *révolutions* », et la résistance de l'air est alors interprétée comme ce qui cause le mouvement rétrograde des planètes (voire l'oscillation du Soleil entre les tropiques). Si cette interprétation est correcte, ce

serait là la première fois qu'il est fait mention des planètes dans l'astronomie grecque.

La voûte céleste (sans doute entraînée par l'air) a un mouvement de rotation, un mouvement qui ne l'amène pas au-dessous de la Terre, mais qui est comparé à la rotation d'un bonnet sur la tête. Cela correspond bien à la réalité, car le mouvement apparent du ciel se fait autour du pôle Nord céleste et non autour de la Terre (le bonnet serait un peu incliné sur la tête). Certains astres, dans cette rotation, sont occultés par les montagnes qui bordent la terre : là encore l'observation est correcte, car l'horizon (montagneux ou non) occulte bien certains astres à certains moments, tandis que ceux qui sont aux abords immédiats de l'étoile polaire sont visibles toute la nuit (du moins pour qui se trouve dans l'hémisphère Nord – voir la figure D de l'encadré 42, tome 1 pour le comprendre). La même remarque vaut pour le Soleil, dont la course est inclinée par rapport à l'équateur céleste.

Remarquons enfin que ces astres ont une nature ignée, qu'ils prennent naissance à partir de la Terre (ce qui les ramène un peu à des phénomènes météorologiques), comme s'ils en étaient arrachés et portés à incandescence par leur rotation (à moins que ce feu des astres ne provienne de la raréfaction de l'air – la version varie selon les doxographes). Ici Anaximène est très proche de ces prédécesseurs, surtout Thalès. Les étoiles cependant n'émettent pas de chaleur, contrairement au Soleil, car elles sont trop éloignées ; l'explication est correcte, mais surtout elle montre un renversement par rapport à Anaximandre qui plaçait les étoiles plus près de la Terre que le Soleil.

Il existe, outre ces astres ignés, des astres terreux et obscurs qui circulent dans le ciel. On rapprochera ceci de ce que dira plus tard Anaxagore pour expliquer les éclipses (il supposait que les éclipses de Soleil étaient produites par l'interposition de la Lune, que celles de Lune étaient produites par l'interposition de la Terre mais aussi par celle de corps obscurs – ce qui était censé expliquer une plus grande fréquence des éclipses de Lune et peut-être aussi ses différentes phases). On pourrait donc admettre qu'Anaximène utilisait ces astres terreux et obscurs (si les doxographes ne se trompent pas en les lui attribuant) pour expliquer, par leur interposition, les éclipses de Soleil et de Lune, et peut-être les phases de la Lune (il ne savait pas qu'elle n'a pas de lumière propre mais reflète celle du Soleil) ; ce qui n'est qu'une supposition.

Même si on ne retient pas cette possibilité d'explication des éclipses, il reste au crédit de l'astronomie d'Anaximène la mention des planètes (ce qui est aussi une hypothèse) et l'introduction de la voûte cristalline qui restera très longtemps en faveur auprès des astronomes (jusqu'à la Renaissance). Cette voûte céleste, avec ses astres piqués comme des clous, n'est pas une invention d'Anaximène (ou alors c'est une ré-invention), car il semble qu'il existait une conception similaire en Mésopotamie (notamment chez les astrologues chaldéens) et en Égypte (voir les chapitres concernés). Peut-être Anaximène l'a-t-il importée (on lui attribue aussi l'invention du gnomon – comme à Anaximandre –, gnomon qui existait depuis longtemps en Mésopotamie). Cette astronomie est cependant bien moins

géométrique et bien plus physique que celle d'Anaximandre – remarque que l'on peut faire aussi pour sa cosmologie (en remplaçant le mot « géométrique » par le mot « abstraite ») et pour l'ensemble de ses conceptions. Cet aspect concret aura au moins le mérite de faciliter la propagation des idées de l'école de Milet ; on devra y revenir lors de l'étude des autres écoles.

Avec Anaximène s'achève l'école de Milet. Certains auteurs antiques peuvent certes y être rattachés (par exemple Diogène d'Apollonie, présenté ci-dessous), mais ils seront de bien moindre envergure que ces trois fondateurs que sont Thalès, Anaximandre et Anaximène.

DIOGÈNE D'APOLLONIE

On sait très peu de choses sur Diogène d'Apollonie. Il serait né dans la ville d'Apollonie en Crète au début du v^e siècle ; on le suppose contemporain d'Anaxagore dont il aurait connu les travaux (ce qui lui donnerait comme dates très approximatives 500-430). Il chercha à prolonger la doctrine d'Anaximène, en mettant l'air à l'origine de toutes choses, mais en y ajoutant une « intelligence » qui présiderait à la transformation de cet air (notion qu'il aurait empruntée à Anaxagore). D'une manière générale, on le considère comme un auteur mineur, représentant tardif de l'école de Milet (bien qu'il ne soit pas originaire de cette ville et que rien ne prouve qu'il y soit jamais allé) parce qu'il se réclamait d'Anaximène (on lui a parfois attribué le principe de condensation-raréfaction, mais il appartient bien plutôt à Anaximène). Sa pensée ressortit à une sorte de syncrétisme, amalgamant des notions prises ici ou là et ne s'accordant pas toujours très bien ensemble.

Nous ne l'évoquons ici que parce qu'il reste de lui (rapportée par Aristote dans son *Histoire des Animaux* – livre III, 2) une description du système vasculaire, qui est sans doute la plus ancienne de la littérature médicale et biologique grecque. On la comparera à celle que donne le papyrus Ebers (exemple 54 de l'encadré 99, tome 1) qui la précède de plus d'un millénaire, et à l'anatomie de la collection hippocratique, qui est sinon contemporaine du moins légèrement postérieure (voir le chapitre VI de cette seconde partie). On remarquera que cette anatomie du système vasculaire, pour être sommaire, n'est pas fantaisiste (comme l'était un peu la description égyptienne), et qu'elle a sans doute nécessité des dissections (sinon par Diogène d'Apollonie lui-même, du moins par ses contemporains, ou ses prédécesseurs proches). L'encadré 121 donne cette description anatomique du système vasculaire.

121. LE SYSTÈME VASCULAIRE HUMAIN, SELON DIOGÈNE D'APOLLONIE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

Voici ce que dit Diogène d'Apollonie : Chez l'homme les veines sont disposées ainsi : il y a deux très grandes veines, qui s'étendent à travers la cavité abdominale en longeant l'épine dorsale, l'une à droite, l'autre à gauche, chacune en direction de la jambe correspondante, et remontent d'autre part vers la tête en passant près des clavicules et en traversant la gorge (*aorte et veine cave*). D'elles prennent naissance des veines qui s'étendent à travers tout le corps : de celle de droite les veines de la droite, de celle de gauche celles de la gauche, les deux plus importantes se dirigeant vers le cœur en longeant l'épine dorsale elle-même (*crosse de l'aorte et veine cave supérieure*), et deux autres, un petit peu plus haut, traversant la poitrine en passant sous l'aisselle en direction de chacune des mains correspondantes. L'une est appelée splénique, l'autre hépatique (*ce sont en fait les veines axillaires et les veines du bras, voir ci-dessous la saignée*).

Leurs extrémités se scindent en deux, une partie allant en direction du pouce, l'autre en direction de la paume, et elles se divisent en vaisseaux fins et très ramifiés en direction du reste de la main et des doigts. Deux autres veines plus fines partent des deux premières veines [spinales] (*aorte et veine cave*), l'une partant de celle de droite en direction du foie (*artère hépatique ou veine porte*), l'autre partant de celle de gauche en direction de la rate et des reins (*artère ou veine splénique, artères ou veines rénales*). Les veines qui se dirigent vers les jambes se divisent à la hauteur de l'attache inférieure et traversent l'ensemble de la cuisse. La plus grande passe par la partie postérieure de la cuisse et offre un aspect épais, la seconde traverse la partie centrale de la cuisse et est un peu moins épaisse que la première (*il s'agit respectivement de la veine fémorale ou de la veine saphène, et de l'artère fémorale ; noter que, pas plus que ci-dessus, Diogène ne fait la distinction entre veine et artère*). Ensuite, elles passent à travers le genou en direction du mollet et du pied, comme pour la main ; puis elles traversent la plante du pied en direction des orteils. Les deux veines principales (*aorte et veine cave*) se ramifient aussi en veines minces en direction de la cavité abdominale et de la région des côtes (*veines sus-hépatiques, artères mésentériques*).

Les deux veines qui se dirigent vers la tête à travers la gorge prennent dans le cou un aspect important (*veines jugulaires*) ; et de leurs extrémités partent d'abondantes ramifications en direction de la tête, celles de droite allant vers la gauche et celles de gauche allant vers la droite, chacune se terminant dans la région de l'oreille. Il y a dans le cou, de chaque côté de la veine principale, une autre veine, un peu plus petite que celle-ci, dans laquelle la plupart des veines sortent de la tête et se réunissent (*ce sont les carotides ; en fait il y a une carotide de chaque côté du cou, près de chacune des « veines principales », c'est-à-dire les jugulaires, mais chacune de ces carotides primitives se divise ensuite en deux branches principales, carotides externes et internes ; remarquer que les vaisseaux de la tête sont dits « se réunir » dans les carotides, alors que dans le sens de la circulation sanguine, ils en sortent*) : elles passent à travers la gorge vers

l'intérieur du corps, et d'elles partent de chaque côté d'autres veines (*artères sous-clavières*) passant sous l'omoplate en direction des mains (*l'artère sous-clavière droite a effectivement une partie commune avec la carotide droite – le tronc artériel brachio-céphalique –, mais l'artère sous-clavière gauche part directement de l'aorte*). À côté de la veine splénique et de la veine hépatique apparaissent d'autres veines un peu plus petites, que l'on incise en cas de douleur sous la peau. Mais si la douleur a son siège dans la cavité abdominale, c'est la veine hépatique et la veine splénique que l'on incise (*il s'agit de saignées – les « veines splénique et hépatique » sont les veines du bras dans cette description ; splénique et hépatique indiquent simplement la gauche (rate) et la droite (foie) et non les organes irrigués*). D'autres veines partent encore de celles-ci en passant sous les seins. D'autres encore, qui sont fines, partent de celles-ci et traversent la moelle épinière en direction des testicules. D'autres encore passent sous la peau et se dirigent à travers la chair vers les reins pour aboutir aux testicules chez les hommes et à l'utérus chez les femmes. (Quant aux veines principales, au sortir de la cavité abdominale, elles sont de gros calibre et deviennent ensuite plus minces jusqu'à leur passage de la droite vers la gauche et de la gauche vers la droite). Ces veines portent le nom de spermatiques. Le sang est très épais, lorsqu'il est bu par l'épaisseur des chairs, mais ce qui en déborde dans les parties génitales est subtil, chaud et écumant (*semence*). (*Texte rapporté par Aristote, Histoire des animaux, III, 2, 511 b 30*)

Le système vasculaire est sans doute l'organe le plus décrit dans la médecine antique (voir le papyrus Ebers, ci-dessus évoqué). Le problème de la circulation – ou plutôt du mouvement – du sang sera, entre autres, abordé par Alcméon, Empédocle et la collection hippocratique ; c'est-à-dire par quasiment tous les principaux auteurs grecs de l'époque qui se sont intéressés à la médecine. Tous ces auteurs (y compris ceux de la collection hippocratique) semblent avoir plus ou moins confondu les artères et les voies respiratoires (trachée-artère et bronches), alors qu'ils en distinguent en général les veines (ce n'est pas le cas de Diogène dans le texte cité). C'est sans doute dû à une parenté anatomique (les artères ont une paroi rigide qui rappelle celle des voies respiratoires, alors que celle des veines est souple et plus fine), mais aussi à une observation mal interprétée (d'Alcméon, et sans doute d'autres auteurs qui se sont intéressés à la question) selon laquelle les artères des cadavres sont pleines d'air. On verra que cette confusion a donné lieu à des théories mettant en relation la circulation et la respiration.

Cet intérêt pour le système vasculaire provient vraisemblablement de ce qu'il est bien différencié anatomiquement et constitue un réseau qui « unifie » le corps en un tout (c'est manifestement lui qui assure les relations entre les différentes parties du corps, du moins lorsqu'on fait une dissection sommaire) et, d'autre part, de ce que le sang est souvent considéré comme le symbole de la vie, si ce n'est son principe. Sa relation supposée avec le système respiratoire permet en outre de le rattacher à cet autre symbole (ou principe) de la vie : le souffle. Peut-

être est-ce là l'explication de la préoccupation de Diogène pour le système vasculaire, car il a également cherché à expliquer par l'air les diverses sensations (et pas seulement l'odorat et l'ouïe).

Chez les Égyptiens, c'est le souffle de vie (ou de mort) qui circule dans les vaisseaux (outre diverses humeurs). Pour Hippocrate, le système artériel est censé apporter l'air à tous les points du corps, tandis que le système veineux apporte les aliments. Dans un traité de la collection hippocratique (traité dont on ne connaît pas l'auteur de manière sûre), l'air est dit être la cause de la santé et des maladies (outre qu'on y voit l'origine de toutes choses – cet auteur médical se réclamait sans doute d'Anaximène). Il y a ainsi une certaine unité de pensée dans l'Antiquité sur le système vasculaire et le souffle. L'esprit syncrétique de Diogène d'Apollonie (qui a pu connaître les premiers traités hippocratiques – si l'on ne considère que les dates – et, *a fortiori*, les thèses d'Alcméon et d'Empédocle) s'est sans doute emparé de cela pour l'intégrer à ses théories sur l'air, qui est pour lui à la fois l'origine de toutes choses et le principe organisateur (qu'il appelle « intelligence » – voir Anaxagore). On peut concevoir qu'il ait imaginé non seulement une cosmologie-physique mais aussi une biologie où l'air jouait pour le corps un tel rôle (le souffle est l'âme, et l'âme commence sans doute à son époque à devenir un principe organisateur ordonnant un substrat passif).

HÉRACLITE

Héraclite vécut à Éphèse (un peu au nord de Milet) entre 540 et 470 environ. On ne sait pas grand-chose de sa vie ; il aurait appartenu à une famille aristocratique et même sacerdotale, et aurait abandonné les privilèges inhérents à son rang à son frère cadet, pour se consacrer à l'étude. On ne connaît pas directement ses écrits, mais les commentaires des auteurs anciens ont permis de lui attribuer un certain nombre de propositions (environ 120) qui donnent une vue fragmentaire de son œuvre. Ces fragments sont assez difficiles à interpréter ; dès l'Antiquité Héraclite avait une réputation d'obscurité (il passait également pour avoir un caractère mélancolique et pessimiste assez difficile).

Il n'a jamais appartenu à aucune école, et on ne peut pas non plus lui attribuer un maître. D'après ce qui reste de son œuvre, il semble avoir connu les conceptions des Milésiens, de Pythagore et de Xénophane. Bien qu'il soit moins considéré comme un physiologue (c'est-à-dire un savant étudiant la nature) que comme un philosophe et un moraliste, nous l'étudions dans ce chapitre consacré à l'école de Milet parce que, tout comme les membres de celle-ci, il a essentiellement axé sa conception sur le devenir. Dans l'école de Milet, la première préoccupation est l'explication du changement (en se fondant sur un élément primordial) ; avec Héraclite le changement devient incessant et « le devenir a rejoint l'être, jusqu'à en constituer l'essence » (A. Rey). On découvrira, au cours de cette étude, aussi brève et sommaire soit-elle, bien d'autres points communs avec les Milésiens.

Les encadrés 122 et 123 présentent la doxographie et un choix de fragments d'Héraclite (nous n'avons retenu que les fragments ayant trait à sa cosmologie et à sa philosophie générale, négligeant ceux qui se rapportent plus spécialement à sa morale et ceux par lesquels il invective ses contemporains).

122. DOXOGRAPHIE CHOISIE D'HÉRACLITE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Hippias de Métaponte et Héraclite d'Éphèse considéraient eux aussi le monde comme un, mù et limité, mais ils faisaient du feu le principe, et du feu ils faisaient naître les existants par condensation et raréfaction, et se dissoudre de nouveau dans le feu, en tant qu'il est l'unique nature servant de substrat. Héraclite déclare en effet que toutes les choses sont conversion du feu. Il établit aussi un certain ordre et un temps défini du changement du monde selon une nécessité fatale. (*Simplicius, Commentaire sur la Physique d'Aristote*, 23, 33)

2. Héraclite et Hippias de Métaponte disaient que le feu est le principe de toutes choses. En effet toutes les choses viennent du feu et, pensent-ils, toutes choses finissent dans le feu. L'extinction de celui-ci produit l'ordonnance de toutes choses : d'abord, en effet, ce qui de lui est le plus dense, se condense en lui-même et engendre la terre ; ensuite la terre, en se relâchant sous l'action du feu, se transforme naturellement en eau, qui en s'évaporant engendre l'air ; et, de nouveau, le monde et tous les corps sont détruits par le feu dans la conflagration. (*Aëtius, Opinions*, I, III, 11) – Héraclite déclarait que l'éternel feu périodique [est Dieu] et qu'est destin le *Logos*, artisan des existants à partir du mouvement en sens contraire (*opposition des contraires*). (*Ibid.*, I, VII, 22) – Héraclite disait que toutes choses se produisent conformément au destin qui est identique à la nécessité. (*Ibid.*, I, XXVII, 1) – Héraclite montrait que l'essence du destin est le *Logos* répandu à travers la substance du tout. Il est le corps éthéré, semence de la génération du tout et mesure de la période ordonnée. (*Ibid.*, I, XXVIII, 1)

3. Le feu est un élément et toutes choses sont convertibles en feu et naissent par raréfaction et condensation. [...] Toutes choses naissent selon l'opposition et la totalité des choses coule à la façon d'un fleuve, le tout est limité et le monde est un. Il est engendré à partir du feu, et s'embrase de nouveau selon certaines périodes fixées de toute éternité : cela se produit conformément au destin. Parmi les contraires, celui qui conduit à la génération est appelé guerre et discorde ; celui qui conduit à l'embrassement accord et paix ; le changement est une route montante-descendante et l'ordonnance du monde se produit selon cette route. (*Diogène Laërce, Vies*, IX, 8)

4. Héraclite déclare explicitement que l'homme n'est pas raisonnable, mais que seule est douée d'intelligence l'enveloppe céleste. (*Sextus Empiricus, Contre*

les mathématiciens, VIII, 286) – C'est en attirant à nous par la respiration cette raison divine que, selon Héraclite, nous devenons intelligents et que, bien que plongés dans l'oubli du sommeil, nous recouvrons nos sens en nous éveillant. Car, pendant le sommeil, les pores des sens sont bouchés et l'intellect qui est en nous se trouve séparé de la communauté que nous entretenons avec l'enveloppe céleste, le seul moyen de communication qui demeure étant la respiration, à la façon d'une racine, et, ainsi séparé, l'intellect perd la puissance de mémoire qu'il possédait auparavant. Lors du réveil, il se répand à travers les pores des sens, comme à travers des fenêtres, et en entrant de nouveau en communication avec le ciel, il recouvre sa puissance de raisonner. Ainsi, de la même façon que des charbons rapprochés du feu deviennent incandescents selon un processus d'altération, tandis que, séparés du feu, ils s'éteignent, de même le lot (*d'intellect*) qui provient de l'enveloppe céleste trouve en nos corps un domicile hospitalier ; mais lorsqu'il est coupé du feu céleste, il est comme privé de raison, alors que lorsque la connexion se trouve rétablie grâce à la multitude des pores, il redevient semblable au tout. C'est cette raison commune et divine, par participation à laquelle nous devenons raisonnables, qu'Héraclite déclare être le critère de la vérité. (*Ibid.*, VII, 129-131)

5. Des exhalaisons naissent de la terre et de la mer, les unes claires et pures, les autres obscures. Le feu [des astres] se trouve alimenté par les exhalaisons claires, l'humide par les autres. Il n'indique pas clairement la nature de l'enveloppe céleste ; pourtant il y a en elle des cavités dont la concavité est tournée vers nous et dans lesquelles s'agglomèrent les exhalaisons claires pour former des flammes qui sont les astres. La flamme du Soleil est la plus brillante et la plus chaude, car les autres astres sont davantage éloignés de la Terre et pour cette raison éclairent et réchauffent moins ; quant à la Lune, elle est plus proche de la Terre, mais ne se meut pas à travers l'espace qui est pur. [...] Il y a éclipse de Soleil et de Lune lorsque les cavités se retournent vers le haut. Les périodes mensuelles de la Lune viennent de ce que sa cavité se retourne petit à petit. Le jour et la nuit, les mois, les saisons et les années, les pluies et les vents et les autres phénomènes de ce genre se produisent selon les différentes exhalaisons. Quand l'exhalaison prend feu dans le cercle du Soleil, elle produit le jour ; et quand l'exhalaison contraire reprend le commandement, elle crée la nuit ; quand la chaleur de l'exhalaison lumineuse augmente, elle produit l'été ; et quand l'humide de l'exhalaison obscure se trouve en excès, il fabrique l'hiver. (*Diogène Laërce*, *Vies*, IX, 9-11)

6. Héraclite [...] déclare que le Soleil est un flambeau intelligent qui sort de la mer. (*Aétius*, *Opinions*, II, XX, 16) – Héraclite déclare que la grande année compte dix mille huit cents années solaires, (*Ibid.*, II, XXXII, 3) – Héraclite déclarait que le tonnerre est produit par des tourbillons de vents et de nuages et par les chocs des souffles contre les nuages ; les éclairs, par la combustion des exhalaisons ; et les ouragans, par les incendies et les extinctions des nuages. (*Ibid.*, III, III, 9)

123. FRAGMENTS CHOISIS D'HÉRACLITE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade, 1988*)

1. Le *Logos*, ce qui est / toujours les hommes sont incapables de le comprendre, / aussi bien avant de l'entendre qu'après l'avoir entendu pour la première fois / Car bien que toutes choses naissent et meurent selon ce *Logos*-ci / Les hommes sont comme inexpérimentés quand ils s'essaient / à des paroles ou des actes / Tels que moi je [les] explique / Selon sa nature séparant chacun / et exposant comme il est ; / Alors que les autres hommes / oublient tout ce qu'ils font à l'état de veille / comme ils oublient, en dormant, tout ce qu'ils [voient].

2. Aussi il faut suivre ce qui est commun / [...] / Mais bien que le *Logos* soit commun / La plupart vivent comme avec une pensée en propre.

3. Un est le savoir / Il connaît la pensée / par qui sont gouvernées toutes choses au moyen de toutes choses.

4. Penser est commun à tous. – À tous les hommes il est donné en partage / de se connaître eux-mêmes et d'user du bon sens.

5. Ceux qui parlent avec intelligence / il faut qu'ils s'appuient sur ce qui est commun à tous / de même que sur la loi une cité / et beaucoup plus fortement encore / Car toutes les lois humaines se nourrissent d'une seule loi, / la loi divine, car elle commande autant qu'elle veut / elle suffit pour tous / et les dépasse.

6. Un savoir universel n'instruit pas l'intellect. / Sinon il aurait instruit Hésiode et Pythagore, / ainsi que Xénophane et Hécatéé. 7. Il appartient à l'âme un *Logos* qui s'accroît lui-même.

8. L'Harmonie invisible plus belle que la visible.

9. Nature aime se cacher.

10. La foudre gouverne toutes choses.

11. Toutes choses sont convertibles en feu / et le feu en toutes choses / Tout comme les marchandises en or / et l'or en marchandises.

12. Ce monde-ci, le même pour tous / nul des dieux ni des hommes ne l'a fait / Mais il était toujours est et sera / Feu éternel s'allumant en mesure et s'éteignant en mesure.

13. Le Soleil n'outrepassera pas ses limites / sinon les Erinyes, servantes de Dikè, le dénicheront. 14. Démesure, il faut l'éteindre plus encore qu'incendie.

15. La route, montante descendante / Une et même.

16. Car sur la circonférence, le commencement et la fin sont communs.

17. Dans les mêmes fleuves / nous entrons et nous n'entrons pas / Nous sommes et nous ne sommes pas.

18. L'opposé est utile, et des choses différentes naît la plus belle harmonie [et toutes choses sont engendrées par la discorde].

19. Ils ne savent pas comment le différent concorde avec lui-même, / Il est une harmonie contre-tendue comme pour l'arc et la lyre.
20. Conflit/est le père de tous les êtres, le roi de tous les êtres/ Aux uns il a donné formes de dieux, aux autres d'hommes, / Il a fait les uns esclaves, les autres libres.
21. Les choses froides se réchauffent, le chaud se refroidit, / l'humide s'assèche et le desséché se mouille.
22. Il faut connaître / que le conflit est commun / que la discorde est le droit / et que toutes choses naissent et meurent selon discorde et nécessité.
23. La maladie rend la santé belle et bonne. / La famine la richesse ; la fatigue le repos.
24. Immortels mortels, mortels immortels / Ceux-là vivant la mort de ceux-ci / Ceux-ci mourant la vie de ceux-là.
25. Que la mort de la terre engendre l'eau, la mort de l'eau engendre l'air, et celle de l'air, le feu, et inversement.
26. C'est un plaisir pour les âmes, ou une mort, de devenir humide. Nous vivons leur mort et celles-ci vivent notre mort.
27. L'âme sèche est très sage et excellente.
28. De même que l'araignée, immobile au milieu de sa toile, sent, dès qu'une mouche rompt quelque fil, et y court rapidement, comme affectée de douleur par la coupure du fil, de même l'âme de l'homme, lorsqu'une quelconque partie du corps est blessée, s'y précipite, comme si elle ne pouvait supporter la blessure de ce corps auquel elle est solidement et harmonieusement attachée.

On l'a dit ci-dessus, les conceptions d'Héraclite sont difficiles à préciser du fait de l'obscurité des fragments de son œuvre qui nous sont restés. Ils ont donné lieu à toutes sortes d'interprétations ; Héraclite est sans doute, avec Parménide dont l'œuvre, pour être moins obscure, n'en est pas moins d'approche difficile, le Présocratique qui a le plus « inspiré » philosophes et commentateurs modernes (quand il ne leur a pas simplement servi de prétexte pour exposer leurs propres idées). Ici, on se contentera de tracer les grandes lignes qui semblent ressortir de manière indubitable des divers fragments et de la doxographie, dans le domaine de la cosmologie et de l'épistémologie (à supposer que ces termes conviennent).

Tout comme les physiologues de Milet, Héraclite place un élément comme « origine-substrat » des choses. Pour lui, ce n'est ni l'eau, ni l'*apeiron*, ni l'air, mais le feu ; autre élément éminemment fluide et mobile, particulièrement bien adapté à une physique du devenir. A un devenir incessant fondé sur le feu, se superpose une physique des contraires et du conflit. Ce qui n'est pas sans rappeler la conception d'Anaximandre (ou de Pythagore – car Héraclite est postérieur à Pythagore), mais, à la différence de la physique d'Anaximandre où c'était l'injustice de la prédominance d'un contraire sur l'autre qui était à l'origine des choses (en même temps que ce qui amenait leur disparition à plus ou moins long

terme), chez Héraclite c'est au contraire la justice comme équilibre des contraires qui est à l'origine des choses en ce qu'elles sont stables. Ces contraires en conflit se remplacent l'un par l'autre, mais ils ne le font pas n'importe comment ; il y a des règles de transformations et la nécessité d'une harmonie. Enfin, à ce perpétuel devenir et cet équilibre des contraires se superpose un régime cyclique inhérent au remplacement des contraires les uns par les autres : les contraires progressent l'un sur l'autre dans un sens puis dans l'autre, sans jamais excéder certaines limites ; d'où des cycles comme jour/nuit, veille/sommeil, etc. Sur tout cela règne le *Logos*, notion qu'il faudra éclaircir.

Il y a donc plusieurs thèmes étroitement entremêlés, parfois en apparente contradiction ; le feu, le devenir, les cycles, l'harmonie, la lutte des contraires, le *Logos*.

Le feu est la substance primordiale, tout en vient et tout y retourne. Sa subtilité et sa fluidité se prêtent bien à l'explication du devenir. On pourrait penser que cette explication assimile le monde à une combustion (à la fois le substrat et le produit de la combustion, et cette combustion elle-même) ; cependant Héraclite complique cela en y ajoutant des considérations qui font penser aux conceptions milésiennes des transformations des éléments. Il distingue deux voies, la voie du haut et la voie du bas, qui ne font qu'une, c'est-à-dire qui forment un cercle (sur lequel le début et la fin se confondent – frag. 15 et 16, encadré 123). Le feu produit la vapeur (air), qui en se condensant donne l'eau, qui en se solidifiant donne la terre, qui en se liquéfiant donne l'eau, qui redonne la vapeur, qui redonne le feu. Il y a un cycle de production des éléments ; mais, plutôt que comme une combustion, il semble compris par Héraclite comme un double mouvement vers le bas et vers le haut : les éléments légers vont vers le haut, les éléments lourds vers le bas. C'est peut-être ce qui est censé se produire dans la combustion qui sépare l'élément solide (cendre, terre) et l'élément fluide qu'est la fumée (air, vapeur), la flamme étant le lieu de la transformation et l'agent de celle-ci.

Tout cet aspect physique des conceptions héraclitéennes est assez obscur et complexe ; il est probable que la volonté d'explication physique ne tenait qu'une place marginale dans cette pensée, et que le recours au feu était plutôt métaphorique, voire d'inspiration mythique. Le feu et le devenir sont très étroitement liés, beaucoup plus – et différemment – que ne le sont chez les Milésiens le principe (eau, *apeiron* ou air) et les transformations qui opèrent sur lui. Le feu est à la fois l'élément premier et ses transformations ; si les Milésiens cherchaient ce qu'il y a sous les choses, ce qui est le principe sous-jacent aux diverses facettes du devenir, Héraclite dit, lui, que sous les choses il y a le devenir (le devenir devient l'essence même de l'être) – un peu comme la flamme qui est mobile, mais semble rester la même (ou ne varier que dans certaines limites) cependant que sa substance change sans cesse.

En outre, la doxographie et les fragments présentent ce feu comme « intelligent » (il gouverne l'univers sous la forme de la foudre – de Zeus –, il juge les choses, etc.). Il est non seulement le principe et ses transformations, mais aussi

ce qui règle ces transformations (et en cela il est proche du *Logos*, il en est en quelque sorte la substantialisation). S'il rappelle donc le principe des physiologues de Milet, le feu a un rôle plus important et, surtout, moins physique. Plus que l'élément primordial ou le substrat, le feu est la représentation du devenir (par ailleurs illustré par le fait qu'on ne se baigne pas deux fois dans le même fleuve) : devenir lui-même et « agent intelligent » de ce devenir.

Cette « intelligence » se manifeste dans la mesure qui canalise le devenir ; il y a échange du feu contre toutes choses, et de toutes choses contre le feu, comme les marchandises contre l'or et de l'or contre les marchandises, mais l'échange ne se fait pas n'importe comment. Le fragment 12 de l'encadré 123 le précise : le monde est un feu toujours vivant, qui s'allume avec mesure et s'éteint avec mesure. On retrouve cette mesure dans la constatation que le soleil « ne franchira pas ses limites » (frag. 13), dans la notion d'harmonie souvent employée, etc.

À ce perpétuel devenir (selon une certaine mesure) se superpose la lutte des contraires, lutte dans laquelle l'harmonie a également son rôle à jouer. Si le feu peut être rapproché de la conception du pythagoricien Hippasos de Métaponte (à peu près contemporain ou un peu antérieur à Héraclite) qui, lui aussi, considérait le feu comme l'origine de toutes choses, si la notion d'harmonie rappelle également les thèses pythagoriciennes, la notion de lutte des contraires doit certainement être reliée à la physique d'Anaximandre (en notant toutefois que cette notion se trouve également chez les Pythagoriciens – ceux-ci étant postérieurs à Anaximandre). Chez Anaximandre il y a à l'origine la séparation du froid et du chaud, et l'existence même des choses différenciées vient de l'injustice qu'est la prédominance d'un élément sur son contraire. Chez Héraclite, l'injustice disparaît : l'existence des choses différenciées provient de la lutte des contraires et de l'équilibre qui s'établit dans cette lutte. Ce qui est explicité dans le fragment 19 de l'encadré 123 par la comparaison à la lyre et à l'arc : la corde et le corps de l'appareil exercent des tensions opposées et se maintiennent l'un l'autre en équilibre dans une forme déterminée (cette comparaison peut aussi être comprise d'une autre manière : les tensions opposées de la corde et du corps de la lyre permettent l'équilibre, mais aussi la variation qu'est la vibration de la corde, laquelle variation ne peut dépasser certaines limites ; il y a donc lutte des contraires, équilibre, mais aussi limitation des variations dans un certain domaine en dehors duquel la stabilité ne se retrouve pas).

Cette lutte des contraires n'empêche cependant pas leur unité, unité physique et non pas logique. En effet, le sec et l'humide (ou bien le froid et le chaud, ou le jour et la nuit, ou tout autre couple de contraires) sont « la même chose », ce qui apparaît clairement en ce que le sec devient humide et l'humide devient sec (frag. 21 de l'encadré 123 ; de même pour le froid et le chaud, le jour et la nuit, etc.). Les contraires en lutte et en équilibre forment une « unité » (sec-humide, chaud-froid, jour-nuit... ; ce qu'on appellerait aujourd'hui le degré d'humidité, la température, l'éclairement...). Ce n'est que par la division de cette unité que les contraires sont mis à jour. La reconnaissance de la lutte des contraires ne doit donc pas empêcher celle de l'unité et de l'harmonie sous-tendue par (et sous-

tendant) la multiplicité et la discorde (voir les fragments 18 à 22 de l'encadré 123).

Outre de possibles influences d'Anaximandre et des Pythagoriciens, cette physique des contraires a sans doute une origine dans la simple observation que les contraires se remplacent l'un l'autre dans le devenir (le sec devient humide et l'humide devient sec, etc.). Il n'y a pas ici de quantification, ni de conception d'une notion de matière ; il s'agit d'une physique des qualités où l'en envisage seulement les variations qualitatives immédiatement perceptibles.

D'une part, Héraclite affirme l'universel devenir ; mais ce serait renoncer à toute explication que de se contenter d'une telle affirmation. D'autre part, il affirme que toutes choses proviennent de la lutte des contraires ; mais si l'équilibre entre les contraires se maintenait, il n'y aurait pas de devenir. La conciliation de ces deux affirmations nécessite la reconnaissance que les contraires se remplacent l'un l'autre dans leur lutte (ce que montre l'observation du devenir). Mais, pour qu'il y ait possibilité d'une explication autre que la simple affirmation de l'universel devenir, il faut que cette lutte des contraires respecte certaines règles, dont la première est qu'ils se remplacent mesure pour mesure (l'accroissement du sec est égal à la régression de l'humide). Ce qu'on rapprochera évidemment du fait que, dans le devenir, le feu s'allume avec mesure et s'éteint avec mesure ; on retrouve dans la lutte des contraires la nécessaire harmonie du devenir. Le fait même de voir une harmonie sous-tendant la lutte des contraires ne permet pas à Héraclite de la considérer comme une injustice, ainsi que le faisait Anaximandre.

Il est très probable qu'on peut étendre cette harmonie du remplacement d'un contraire par l'autre à l'ensemble des couples de contraires : c'est-à-dire une harmonie dans la coordination des différents couples. Le monde étant conçu comme résultant de la lutte de contraires multiples (sec/ humide, froid/chaud, clair/sombre, pour les plus immédiatement évidents – les Pythagoriciens avaient établi une dizaine de tels couples, voir le chapitre suivant), l'état du monde à un moment donné – et son devenir (si l'on peut artificiellement isoler un moment dans le devenir) – est fonction d'une harmonie régulant les équilibres des différents couples les uns par rapport aux autres (et leur devenir).

On retrouve donc l'harmonie à la fois dans l'opposition équilibrée des contraires (comme la corde et le corps de la lyre), dans le remplacement d'un contraire par l'autre, dans la coordination des couples de contraires. Une physique des qualités peut difficilement aller beaucoup plus loin. Cette physique d'Héraclite est, par certains aspects, une régression comparativement à celle d'Anaximène (l'air indéfini et le principe de raréfaction-condensation) ; d'autant plus que cette lutte des contraires semble parfois dégénérer en relativisme (fragment 23 de l'encadré 123), à moins que des remarques telles que « *la maladie rend la santé belle et bonne* » ne visent qu'à expliquer un mode physiologique de la perception par les contraires (comme pour Anaxagore, par exemple – voir ci-après).

Il semble qu'Héraclite ait également reconnu une conséquence nécessaire du

devenir universel et de la lutte des contraires : l'existence de cycles. Si la nuit résulte de la progression du sombre sur le clair (les exhalaisons sombres sur les exhalaisons claires, dit la doxographie), et le jour du processus inverse, il s'ensuit nécessairement un cycle : quand la progression du sombre est maximale, il ne peut que reculer au profit du clair, et réciproquement (le Soleil ne peut pas dépasser ses limites, dit Héraclite), puisqu'il y a un perpétuel devenir et non pas stagnation dans un état donné. La même remarque vaut pour la lutte de n'importe quel couple de contraires ; il y a donc toute une série de cycles (nuit/jour, hiver/été ; veille/sommeil – ce dernier étant expliqué par la prédominance de l'élément humide pendant le sommeil et de l'élément igné pendant la veille –, etc.). La résultante de la composition de ces divers cycles amène nécessairement un cycle pour le monde entier ; ce cycle est celui désigné par le nom de « grande année », qui est longue de 18000 ans (fragments, 2 et 6 de la doxographie, encadré 122) (on trouve aussi les valeurs de 36000 ans ou 10800 ans – cette dernière équivaut à 360 générations de 30 ans – ; remarquer le caractère sexagésimal de ces valeurs, qui laisse supposer une influence mésopotamienne). Au bout de cette « grande année », le monde s'embrace (toutes choses sont jugées et dévorées par le feu), et un nouveau cycle reprend (on pense aux théories cosmologiques modernes, au *big bang* à l'origine de l'univers, à son expansion puis sa contraction supposée). Ici encore, le fait même qu'Héraclite ait cru pouvoir définir une telle grande année implique une conception où le devenir est régi par une certaine harmonie, et ne se fait pas n'importe comment par une lutte anarchique des contraires. Le monde n'est pas un chaos, il est ordonné non seulement synchroniquement mais aussi diachroniquement. D'où ce que dit la doxographie : « *Il établit aussi un certain ordre et un temps défini du changement du monde selon une nécessité fatale* », ou encore « *l'essence du destin est le Logos répandu à travers la substance du tout* » (fragments 1 et 2, encadré 122). La fatalité n'est plus l'arbitraire des dieux, c'est le *Logos*. Avant d'essayer de comprendre ce qu'est ce *Logos*, on va brièvement résumer cette conception cosmologique et physique d'Héraclite.

Toutes ces notions de devenir universel, de lutte des contraires et de cycles sont étroitement entremêlées et interdépendantes. On peut le comprendre en imaginant plusieurs niveaux d'explication. Tout d'abord, sous l'apparente stabilité des choses se trouve le perpétuel devenir, tout comme sous l'apparente stabilité de la forme de la flamme se trouve le flux continu de la combustion. Mais cette stabilité des choses n'est pas absolue, il y a une certaine variation, et la variation est due à l'accroissement d'un contraire sur l'autre. Enfin, le devenir a beau être perpétuel, il ne peut se fonder sur un flux linéaire (comme la combustion) : il doit être cyclique (ce qui évite le recours à l'infini) ; la lutte des contraires ne peut se faire qu'entre certaines limites et est donc cyclique (prépondérance alternée d'un contraire sur l'autre) ; la résultante de ces cycles est un grand cycle concernant le monde entier. Enfin à tout cela préside le *Logos*, à la fois « harmonie supérieure » et « essence de la fatalité ». Le rôle du feu n'est sans doute pas le même que celui de l'élément primordial chez les Milésiens, il est

moins physique et relève plus de la métaphore ou même du mythe.

Sous-jacente à toute cette conception du monde se trouve une notion de mesure ou d'harmonie, notion qui est connotée par celle d'intelligence (par exemple, le feu est non seulement un principe mais l'intelligence qui préside à ses propres transformations). Ce qui se retrouve dans le *Logos*. Ce *Logos* semble être à la fois une harmonie et une intelligence qui domine et contrôle le monde et le devenir ; mais c'est en même temps ce qui permet à l'homme de connaître ce monde et ce devenir. Ce *Logos*, c'est l'harmonie invisible qui est supérieure à l'harmonie visible (fragment 8 de l'encadré 123) et qui régit toutes choses. C'est la première fois qu'est ainsi formulée l'idée qu'une harmonie « invisible » gouverne le monde et ses transformations. On doit cependant remarquer qu'une telle conception figure en filigrane dans les thèses pythagoriciennes, et que Pythagore, s'il est son contemporain, est un peu plus vieux qu'Héraclite. On s'étonne alors que celui-ci critique celui-là (frag. 6, encadré 123) en qualifiant son savoir de polymathie. Cette critique doit se comprendre par le fait que le savoir consiste à connaître « *la pensée par qui sont gouvernées toutes choses* » (frag. 3), c'est-à-dire connaître cette harmonie et non pas accumuler une multitude de connaissances (polymathie) ; or il semble bien que Pythagore ait recherché une telle harmonie, sous forme de rapports numériques – la critique d'Héraclite semble donc peu fondée. Quoi qu'il en soit, le *Logos* est assimilable à cette harmonie supérieure qui régit tout.

Mais il n'est pas que cela, le fragment 3 que nous venons de rappeler dit que la sagesse consiste à connaître la pensée qui gouverne tout ; ce qui laisse entendre d'une part que ce *Logos* a une nature parente de celle de la pensée, et d'autre part qu'il est connaissable par l'homme. D'après P. Tannery, il faudrait comprendre – et ce serait une influence égyptienne – que l'intelligence (ici le *Logos*) est libre dans le monde et qu'une partie s'emprisonne dans l'homme (ce qui serait le sens du fragment 24 de l'encadré 123 : notre vie est la mort de l'immortel par cet emprisonnement dans le corps, tandis que notre mort libère cet immortel). Une partie du *Logos* étant ainsi comprise en nous, nous pouvons accéder à la connaissance de celui-ci ; c'est ce que dit sans doute le fragment 4, quand il affirme qu'il est accordé à tous les hommes de penser (ce qui n'est pas sans rappeler Descartes : « Le bon sens est la chose du monde la mieux partagée... »).

On peut s'étonner alors qu'Héraclite reproche si souvent aux hommes de méconnaître ce *Logos*, et de faire comme s'ils avaient une intelligence qui leur est propre – car, il le précise, le *Logos* est commun à tous (c'est-à-dire que tous y participent de la même manière, et tous peuvent ainsi penser juste – et de la même manière, et donc se comprendre). Il semble alors que la responsabilité en incombe à cet emprisonnement du *Logos* (ou, du moins, d'une partie de celui-ci) dans le corps. On peut même aller jusqu'à considérer cet emprisonnement dans un sens propre ; c'est ce que suggère le fragment 4 de la doxographie (encadré 122) : il faut que la partie du *Logos* qui est emprisonnée en nous soit au contact du *Logos* libre et extérieur, ce contact se fait par les sens ; le sommeil, en fermant « les pores des sens », rend ce contact impossible et supprime donc la

connaissance (et la conscience). Le *Logos* est assimilé au feu : la doxographie compare la partie du *Logos* qui est en nous à un charbon (une braise) qui devient incandescent quand on le rapproche du feu (le *Logos* extérieur), et qui s'éteint quand on l'en éloigne. Cette nature ignée du *Logos* qui est en nous se retrouve dans le fait que ce sont les âmes sèches qui sont les meilleures (frag. 27), que l'homme ivre a une âme humide (et donc éloignée de la connaissance qui est l'embrasement au contact du *Logos* extérieur), etc. Outre l'enfermement dans le corps, il y a une dimension morale dans le fait que les hommes ne parviennent pas à la connaissance vraie, celle du *Logos* ; toutes sortes de vices (comme l'ivresse) les en empêchent en humidifiant leur âme.

Enfin, outre le contact avec le *Logos* extérieur et libre (qui joue comme la proximité du charbon et de la source incandescente qui le ranime par sa chaleur), le *Logos* qui est propre à l'âme (c'est-à-dire la partie qui est en nous, et non la partie libre) peut s'accroître de lui-même (frag. 7 de l'encadré 123) ; il est sous-entendu que le *Logos* libre, celui qui gouverne tout et partout, n'a pas à s'accroître. Peut-être faut-il comprendre cet accroissement par soi-même comme la faculté qu'a l'intelligence de l'homme de construire des raisonnements qui l'enrichissent (sans entrer ici dans la problématique kantienne du jugement synthétique *a priori*).

Cette conception du *Logos* préfigure les thèses d'Anaxagore, de Platon, des Stoïciens et du Christianisme (cf. le *Verbe* – traduction de *Logos* – que l'évangile selon saint Jean met au début de toutes choses). Et il est très probable que la manière dont les fragments ont été conservés et transmis a été plus ou moins influencée par ces écoles philosophiques postérieures. Bien qu'il se distingue des physiologues de Milet, il faudrait peut-être comprendre Héraclite d'une manière beaucoup moins abstraite et élaborée que les thèses qui ont pu s'en inspirer par la suite. Ainsi, chez Héraclite, l'âme est certainement plus proche de l'« étincelle de vie » que de l'âme chrétienne, une étincelle qui provient d'un feu divinisé et qui a besoin de se réactiver à son contact ; elle ne s'oppose pas au corps matériel mais elle est vraiment emprisonnée en lui, et elle doit l'animer, elle en est le « moteur ». Sans aller jusqu'à la « physiologie » milésienne, il faut comprendre tout cela de manière plus physique que les philosophies postérieures, en remarquant cependant qu'il y a une tentative pour expliquer la connaissance elle-même en même temps que la nature : la nature est connaissable parce que l'âme de l'homme est ignée, elle ressortit au feu qui est non seulement le principe mais aussi le *Logos* qui gouverne toutes choses. Les conceptions d'Héraclite sont sans doute une interprétation de mythes (provenant des mystères orphiques et/ou de l'Égypte) à la lueur des thèses des physiologues de Milet (qui sont tous – sauf Diogène d'Apollonie – antérieurs à Héraclite), de celles des Pythagoriciens (voir chapitre III) et de Xénophane (voir chapitre IV) (Pythagore et Xénophane sont un peu antérieurs à Héraclite).

L'influence milésienne se trouverait dans la conception d'un principe unique à l'origine des choses, dans la lutte des contraires (cf. Anaximandre) et dans l'astronomie (voir ci-dessous). L'influence pythagoricienne, dans la conception

d'une harmonie sous-tendant le monde visible, et peut-être dans le choix du feu comme élément premier (ce choix aurait été celui d'Hippasos, un des premiers Pythagoriciens, – mais il peut également provenir de mythes). L'influence de Xénophane, dans l'affirmation de l'unicité de l'univers et de celle du principe gouvernant le monde (en opposition avec la multitude de dieux de la mythologie populaire). Toutes ces conceptions étaient connues d'Héraclite, et il est très vraisemblable qu'elles l'ont influencé ; il a cherché à les synthétiser dans une interprétation de mythes qu'en tant que membre d'une famille sacerdotale il ne pouvait ignorer. D'où cet aspect à la fois « physiologique » (étude de la nature), moral et religieux de ses conceptions.

Pour achever cette brève présentation d'Héraclite, et confirmer que l'étude de la nature ne l'intéressait que dans la mesure où elle pouvait lui servir à réinterpréter des mythes, nous allons rappeler ses conceptions astronomiques. Celles-ci sont assez peu intéressantes, ni originales. Les astres sont des auges (« cavités ») remplies de feu qui traversent le ciel (de telles auges ne sont pas sans rappeler les barques sur lesquelles les Égyptiens faisaient circuler les astres). Les phases de la Lune et les éclipses sont expliquées par le fait que ces auges basculent plus ou moins autour de leur axe, et donc tournent une partie plus ou moins grande de leur face ignée hors de notre vue. Ce feu des astres provient des exhalaisons claires qui se concentrent dans les auges (pour y brûler ?). Le Soleil est le plus clair et le plus chaud car le plus proche de nous ; à l'exception de la Lune, mais celle-ci est froide car elle se trouve dans une région impure.

Une telle astronomie est assez sommaire, et nous ne chercherons pas à en expliciter les détails (comme l'impureté de la région lunaire – voir les Pythagoriciens). On doit toutefois essayer de préciser un peu cette notion d'exhalaisons claires dont s'alimentent les astres. Les Milésiens nous ont habitués à ces exhalaisons qui s'élèvent de la terre ou de la mer ; ici ces exhalaisons claires sont opposées à des exhalaisons sombres. Peut-être doit-on rattacher ceci à une conception très ancienne dans laquelle le jour n'aurait pas été produit par le Soleil mais par des vapeurs claires (le jour apparaît en effet avant que le Soleil ne se lève au-dessus de l'horizon) et la nuit non par l'absence de Soleil (car il fait jour encore après le coucher du Soleil) mais par des vapeurs sombres. Ces dernières étant de surcroît humides et froides (comme l'humidité de la nuit), tandis que les premières sont sèches et chaudes (et dissipent le froid et l'humidité de la nuit). La lumière et l'obscurité sont alors considérées comme des éléments concrets et opposés l'un à l'autre. Cette conception s'accorde bien avec la physique des qualités d'Héraclite, à la lutte des contraires et à la prépondérance alternée de ces contraires l'un sur l'autre : selon que l'une ou l'autre de ces vapeurs progresse, il y a le jour ou la nuit, l'été ou l'hiver. (Comparer à Aristote, *Météorologiques*, I, 4.)

Dans cette conception, la lumière serait moins le résultat de la combustion des exhalaisons claires dans le Soleil que ces exhalaisons elles-mêmes (une lumière substantifiée). Cela semble en opposition avec un fragment (non cité dans

l'encadré) qui dit que sans le Soleil il ferait nuit, ce qui associe bien la lumière du jour au Soleil plutôt qu'aux exhalaisons claires considérées comme une lumière concrète. On peut essayer de lever cette opposition en disant que Soleil et vapeurs claires sont dans un rapport de production réciproque : la lumière est à la fois ces vapeurs claires et le feu du Soleil. Ce feu et ces vapeurs sont deux aspects d'un même phénomène, deux aspects qui ne sont pas dans des relations causales (les vapeurs causant le feu, comme un combustible le ferait) mais dans une relation « sympathique » : l'accroissement des vapeurs claires et la renaissance du Soleil au matin sont parallèles, sans relation causale, mais de même nature et, pour cela, liés (un peu comme, dans la médecine hippocratique, il y a accroissement des humeurs froides – la pituite – en hiver, sans qu'il y ait véritablement une explication causale où le froid de l'hiver entraîne une production physique des humeurs froides : il y a un parallélisme par identité de nature, soit un processus « sympathique »). L'accroissement des vapeurs claires entretient le feu du Soleil, mais ce feu du Soleil combat les vapeurs sombres et donc fait progresser les vapeurs claires (les deux sont dans un parallélisme sympathique), le tout correspond à la lumière du jour et en est l'explication dans la physique des qualités.

CONCLUSION

Quel a été l'apport de l'école de Milet et d'Héraclite dans la naissance de la science ?

Outre l'importation de connaissances mésopotamiennes et égyptiennes, l'école de Milet a surtout joué par sa tentative d'explication de la nature de manière non mythique. On peut certes discuter de la valeur des arguments et des raisonnements des uns et des autres, cela n'empêche pas qu'il s'agit ici d'un tournant fondamental dans la compréhension de l'univers. La physique (ou « physiologie ») y est toujours une physique du devenir, souvent une physique des contraires ; toujours elle tente de trouver sous les apparences mouvantes une constante à laquelle accrocher l'explication, une explication qui se naturalise et se rationalise. Il n'est pas facile de définir exactement ce qu'est l'élément primordial dans cette physique (que ce soit l'eau, l'*apeiron* ou l'air) ; ce n'est pas vraiment un substrat – au sens de matière –, c'est plutôt une origine qui reste présente soit telle quelle (l'eau, l'*apeiron* ou l'air sont aussi la matrice dans laquelle le monde est enchâssé, le support des astres, etc.), soit transformée (sous les différentes choses l'élément primordial reste, en ce que ces choses peuvent retourner à lui). Une telle conception va influencer toute la physique grecque (notamment sous la forme qu'Anaximène lui a donnée ; on s'en rendra compte dans les chapitres suivants).

Le cas d'Héraclite est différent. Incontestablement, son influence philosophique sera grande – mais hors de la période qui nous intéresse ici. Son influence sur la science, dans la période présocratique, semble se limiter à

Anaxagore qui considérera lui aussi que le monde est organisé par une intelligence (Anaxagore ferait ainsi le lien entre Héraclite et Platon). Il ne semble pas que sa conception d'un devenir universel ait apporté à la science plus que la physique du devenir des Milésiens. Son apport à la philosophie et à la science post-socratiques tient à ce que, plutôt que la permanence d'un substrat, il a vu sous le devenir la permanence d'un *Logos*.

Si l'école de Milet a joué un rôle non négligeable dans l'importation en Grèce des connaissances mésopotamiennes et égyptiennes, elle ne les a pas importées telles quelles. Les Grecs d'alors ne pouvaient sans doute pas assimiler toutes ces connaissances, vu leur quantité et leur imprégnation par les caractères propres à ces civilisations très anciennes. Ces connaissances étrangères ont plutôt joué comme facteur déclenchant. Interférant avec l'esprit grec inhérent à la démocratie, elles l'ont orienté vers une étude de la nature, vers la recherche de principes régissant celle-ci (là où les Mésopotamiens et les Égyptiens ne savaient guère que juxtaposer les connaissances ponctuelles). C'est là une première étape sur la « voie de l'esprit scientifique », qui se greffe sur la « voie des objets » ouverte et tracée par la Mésopotamie et l'Égypte.

Chapitre III

L'école pythagoricienne

Avec l'école pythagoricienne nous passons à l'autre extrémité géographique du monde grec, puisque nous allons en Italie du Sud. Nous allons également remonter dans le temps (par rapport à Héraclite et Diogène d'Apollonie), car le fondateur de cette école, Pythagore, aurait vécu entre 580 et 500 environ, ce qui en fait un contemporain d'Anaximène. Pythagore est un personnage semi-légendaire (certains mettent même en doute son existence), dont on ne peut rien dire de sûr. Il serait originaire de l'île de Samos, a peut-être été l'élève d'Anaximandre. On lui attribue de nombreux voyages, notamment en Égypte où il aurait reçu un enseignement des prêtres (peut-être aussi en Perse, où on lui fait rencontrer Zoroastre). Après quoi il serait retourné dans son île natale pour y fonder une école. Par suite de problèmes politiques (lesquels ?) avec le tyran Polycrate qui y régnait (ou peut-être en conséquence de l'invasion perse en Asie Mineure), il émigra à Crotone, en Italie du Sud. Là, son école, ou plutôt sa secte (car elle comportait une très forte connotation religieuse), se développa ; trop sans doute au goût de certains (les partis démocratiques), car, après des affrontements politiques, il doit se réfugier à Métaponte où il meurt. Sa secte est dispersée, ses membres massacrés ; mais certains purent s'échapper et se réfugier en Sicile ou en Grèce, où ils continuèrent l'enseignement et les travaux.

Les travaux de la secte étaient secrets, l'enseignement ésotérique et réservé aux initiés ; si bien qu'on ne sait à qui attribuer les divers conceptions et résultats qu'elle a produits (il y aurait eu au moins deux degrés d'initiation : les acousmaticiens n'auraient accédé qu'à l'enseignement oral et moral – les acousmates –, les mathématiciens auraient reçu un enseignement plus approfondi et plus « métaphysique »). On ne citera ici que quelques membres de la secte. Parmi les premiers Pythagoriciens, outre Pythagore lui-même, il faut sans doute nommer Alcmeon de Crotone, Hippasos de Métaponte et Aristée de Crotone. Parmi les Pythagoriciens plus récents (mais ne dépassant pas le milieu du IV^e siècle av. J.-C., « date limite » de cette étude), Philolaos et Archytas de Tarente. Ce dernier a été un ami de Platon ; quant à Philolaos, la tradition rapporte qu'il aurait vendu à ce même Platon trois livres pythagoriciens, à partir desquels celui-ci aurait écrit son dialogue du *Timée* (dialogue qui a une forte coloration pythagoricienne). Il nous reste le nom d'autres Pythagoriciens de cette époque, mais on ne peut pas les associer à une conception déterminée de la secte ; ils en étaient membres, mais ils n'ont apparemment pas laissé leurs noms à tels ou tels travaux (Jamblique, III^e-IV^e siècle après J.-C., a établi une liste de deux cent dix-huit Pythagoriciens et de leurs cités d'origine ; ce catalogue nous donne une idée de la grande extension de la secte, à défaut de précisions sur les travaux de ses

membres).

Tout comme pour les physiologues de Milet et Héraclite, il ne reste aucun ouvrage complet d'un Pythagoricien de cette époque. Les différentes doctrines ne nous sont donc connues que par le témoignage et les commentaires des auteurs anciens, le plus souvent postérieurs. Les textes pythagoriciens les plus anciens ayant été conservés sont des fragments de Philolaos (deuxième moitié du V^e siècle av. J.-C.), dont l'authenticité est très incertaine.

124. PYTHAGORE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Selon Hippobote. Pythagore, fils de Mnésarchos, était originaire de Samos ; selon Aristoxène dans sa *Vie de Pythagore*, Aristarque et Théopompe, il était tyrrhénien et, selon Néanthès, soit syrien soit tyrien. La plupart des auteurs considèrent donc que Pythagore est d'origine barbare. (*Clément d'Alexandrie, Stromates, I, 62*)

2. Voici, selon Héraclide du Pont, ce que Pythagore disait de lui-même : il était né un jour sous le nom d'Aethalidès et on le croyait fils d'Hermès. Ce dernier lui avait dit qu'il lui accorderait ce qu'il voudrait, excepté l'immortalité ; et il avait donc demandé de pouvoir conserver, aussi bien après sa mort que pendant sa vie, le souvenir des événements. Aussi, sa vie durant, se souvint-il de tout et garda-t-il après sa mort cette même faculté. Son âme s'était incarnée ensuite dans le corps d'Euphorbe, et il avait été blessé par Ménélas. Euphorbe, lui, disait qu'il avait été un jour Aethalidès, que c'était d'Hermès qu'il tenait ce don de métempsycose, et il racontait comment s'était déroulée la migration de son âme, quels animaux et quels végétaux elle avait habités, quelles épreuves elle avait connues chez Hadès et tout ce que les autres âmes y endurent. Ensuite à la mort d'Euphorbe, son âme s'était incarnée en Hermotime, [...] Puis, à la mort d'Hermotime, il était devenu Pyrrhos, marin de Délos, [...] A la mort de Pyrrhos, il était devenu Pythagore et se souvenait de tout ce qu'on vient de rapporter. (*Diogène Laërce, Vies, VIII, 4-5*)

3. Les pythagoriciens Androcyde, auteur du traité *Des symboles*, et Euboulidès, ainsi qu'Aristoxène, Hippobote et Néanthès, tous biographes de Pythagore, ont affirmé que ses métempsycoses avaient duré deux cent seize ans ; qu'après un nombre égal d'années, il était à nouveau venu au monde pour une nouvelle vie, comme s'il avait attendu le premier retour cyclique du cube du nombre 6 (*N.B. : $6^3 = 216$*), qui est principe générateur de l'âme en même temps que nombre récurrent en raison de sa sphéricité ; toujours est-il que pour toutes ces raisons, il eut une seconde existence. (*Pseudo-Jamblique, Théologoumènes arithmétiques*)

4. Selon Aristoxène, Pythagore, alors âgé de quarante ans, voyant se

renforcer sans cesse la tyrannie de Polycrate, jugea indigne d'un homme libre de se soumettre à son despotisme dominateur et, en conséquence, partit pour l'Italie. (*Porphyre, Vie de Pythagore, 9*) – Lorsque Pythagore eut débarqué en Italie et qu'il se fut installé à Crotone, dit Dicéarque, les citoyens de Crotone comprirent qu'ils avaient affaire à un homme qui avait beaucoup voyagé, un homme exceptionnel, [...] Après avoir servi de guide spirituel à l'assemblée des anciens par de nombreuses et belles interventions, il entreprit de conseiller les jeunes, cette fois sur les problèmes de l'adolescence, à la demande des magistrats de la cité ; puis ce fut le tour des enfants, accourus en masse des écoles pour l'écouter, et il en vint par la suite à organiser également des réunions réservées aux femmes. Tout cela ne fit qu'accroître sa réputation déjà grande. (*Ibid., 18*) – Cependant ce dont il entretenait ses disciples, nul ne peut le préciser avec certitude ; car aussi bien ils observaient la règle du silence. Néanmoins tout le monde savait fort bien qu'il affirmait d'abord que l'âme est immortelle ; puis qu'elle passe dans des vivants d'autres espèces. (*Ibid., 19*) – En ce qui concerne son enseignement, la plupart affirment qu'il a appris des Egyptiens et Chaldéens ainsi que des Phéniciens ce qui touche aux sciences dites mathématiques. En effet, si la géométrie a passionné les Egyptiens depuis des temps très reculés, les Phéniciens, eux, se sont fait une spécialité des nombres et des calculs arithmétiques, et les Chaldéens de la spéculation astronomique. Pour ce qui est des rites religieux et de toutes ses autres règles de vie, c'est de l'enseignements des mages, disent-ils, qu'il l'a reçu. (*Ibid., 6*)

Ici, nous nous intéresserons surtout à l'aspect « scientifique » des conceptions pythagoriciennes ; on ne peut cependant pas oublier que cette « science » n'était qu'une partie d'une philosophie beaucoup plus vaste, voire d'une religion. La secte pythagoricienne doit se comprendre dans le cadre des courants mystiques du VI^e siècle, et notamment de l'orphisme. Outre des caractéristiques comme la vie communautaire, l'interdiction de manger certains aliments, etc., la secte pythagoricienne avait pour principes la croyance en la métempsycose (c'est-à-dire en une âme distincte du corps, immortelle et pouvant passer à d'autres corps – humains ou même animaux – après la mort de celui où elle se trouve), une conception de la connaissance comme purification (la connaissance permet d'approcher la vérité, considérée comme pureté – on n'est pas très loin ici de la conception d'Héraclite, où les hommes ignorent le *Logos* du fait de l'emprisonnement de l'âme dans le corps, et du fait des vices qui leur humidifient l'âme : la connaissance de ce *Logos* est à la fois sagesse et pureté ; il est difficile de dire si la priorité revient à Pythagore, à un Pythagoricien de la deuxième génération, ou à Héraclite, à moins que la source ne soit un mythe, orphique ou autre). On notera que la métempsycose (où l'âme est immortelle et passe d'un corps à l'autre selon ses mérites, se purifiant ainsi progressivement) et la conception de la connaissance comme purification sont proches parentes. Dans les deux cas, il faut une vérité éternelle et transcendante, à laquelle l'âme participe

plus ou moins (selon sa plus ou moins grande pureté) ; la connaissance est le moyen d'éviter le passage de l'âme par un trop grand nombre de corps, car elle la rapproche de la pureté (et de l'illumination où elle se fond dans la vérité, ne se réincarnant plus). Même si la doctrine pythagoricienne n'utilisait pas de tels termes, il est probable que ce sont là ses grandes lignes ; on en verra les traces dans les conceptions « scientifiques » que nous allons maintenant exposer.

LES MATHÉMATIQUES

Les Pythagoriciens, bien qu'ils aient aussi développé des conceptions physiques et biologiques, sont restés célèbres en tant que mathématiciens. Pythagore a la réputation d'avoir été le premier à étendre les mathématiques au-delà des besoins pratiques (commerce, cadastre, architecture, ...), le premier à en avoir fait une « science pure ». Son nom est resté attaché à un théorème de géométrie qu'il a peut-être été le premier à démontrer, mais aussi à l'arithmétique et à une mystique des nombres qui est une des doctrines de sa secte. Il est bien difficile de faire la part de ce qui revient à Pythagore et de ce qui revient aux Pythagoriciens, contemporains de celui-ci ou postérieurs. Nous nous bornerons donc à présenter les conceptions mathématiques pythagoriciennes des VI^e et V^e siècles, en indiquant les auteurs présumés selon la doxographie (lorsqu'elle les nomme), et en suggérant que les plus élaborées d'entre elles sont sans doute les plus tardives (Philolaos, Archytas), les plus élémentaires pouvant être attribuées à Pythagore lui-même ou à ses contemporains ; sans que cela soit une certitude.

L'arithmétique

Dans l'arithmétique pythagoricienne il s'agit d'étudier les propriétés abstraites des nombres, et non plus simplement les règles de calcul utiles pour les applications pratiques, comme c'était le cas en Mésopotamie et en Egypte.

La première structure de la suite des nombres est donnée par l'itération : 1, 1+1, (1+1) +1, ..., c'est son principe même (le nombre est une collection d'unités). La nécessité de la dénomination et de l'écriture impose le choix d'une base de numération (sinon il faut autant de noms et de symboles différents qu'il y a de nombres, soit une infinité). Cette base donne une autre structure à la suite des nombres, structure qui est particulièrement évidente quand la numération a une forme écrite de position, construite à partir de cette base. La structure que donne la base à la suite des nombres et aux nombres eux-mêmes est « artificielle » (elle varie avec la base) ; son évidence peut masquer des propriétés plus fondamentales des nombres, propriétés indépendantes, elles, de cette base.

La numération grecque n'était pas « de position » à l'époque qui nous intéresse. Cette structure « artificielle » que donne la base à la numération, et qui est mise en évidence par l'écriture de position, ne s'est donc pas imposée

d'emblée. Par ailleurs, la difficulté des notations acrophonique et alphabétique de la numération (que, vu son époque, Pythagore n'a dû même connaître que dans leurs toutes premières formes) a favorisé la recherche d'un mode de figuration des nombres qui se prête mieux à leur étude (ce qui ne signifie pas qu'elle a entraîné cette étude). C'est probablement là un des facteurs qui ont conduit Pythagore à sa célèbre représentation géométrique des nombres, où chaque unité est représentée par un point (parfois un petit carré), et les différents points disposés en diverses figures géométriques (voir encadré 125). Il n'est pas impossible que ce mode de représentation soit aussi inspiré par la disposition des jetons sur la planche à calcul (tout comme cette disposition peut être à l'origine de la numération écrite de position, lorsqu'elle est vue d'une manière moins géométrique).

On a ainsi des nombres plans (carrés, rectangulaires – ou hétéromèques –, triangulaires, pentagonaux, ...), des nombres solides (cubiques, pyramidaux – ou tétraédriques –, ...), mais aussi des nombres linéaires (les nombres premiers, lorsqu'on ne les considère pas comme polygonaux simples). Il est difficile de dire ici ce qui revient à Pythagore et ce qui est l'œuvre de ses successeurs ; il est probable que les plus simples (linéaires, carrés, rectangulaires, cubiques) sont anciens ; d'autres, comme les polygonaux ou les solides non cubiques, seraient plus récents, et peut-être dus à Philolaos.

La numération de position est une sorte de géométrisation arbitraire des nombres, puisqu'elle dispose les symboles dans l'espace (selon le principe de la base, choisie « arbitrairement ») et modifie leur valeur selon leur position relative ; elle facilite le calcul, mais ne révèle pas les propriétés des nombres. La représentation pythagoricienne est bien davantage géométrique et fait apparaître de manière immédiate des propriétés arithmétiques (et même géométriques) indépendantes de la base, bien qu'elle ait des limites dont nous reparlerons quand nous évoquerons le problème des nombres irrationnels.

Parmi ces propriétés immédiatement visibles (encadré 126), il y a le fait que la somme des nombres impairs successifs est toujours un carré (à la fois un nombre figuré géométriquement par un carré et une puissance 2) ; plus exactement, la somme des n premiers nombres impairs est toujours égale à n^2 , soit :

$$1+3+5+7+\dots + (2n-1) = n^2 \quad (2n-1) \text{ étant le } n^{\text{e}} \text{ nombre impair.}$$

On voit aussi très facilement que la somme des nombres pairs successifs est un nombre rectangulaire ; plus précisément, la somme des n premiers nombres pairs est un nombre rectangulaire de forme $n(n+1)$, soit un rectangle de côté n et $(n+1)$:

$$2+4+6+8+\dots + 2n = n(n+1) \quad 2n \text{ étant le } n^{\text{e}} \text{ nombre pair.}$$

Ou encore que la somme des nombres successifs, impairs et pairs, est un nombre triangulaire, soit :

$$1+2+3+4+5+\dots + n = n(n+1)/2 \quad (\text{la « surface » de ce triangle exprimée en nombre de points est égale à la moitié de la « surface » – exprimée en nombre de points – du quadrilatère de côtés } n \text{ et } (n+1)).$$

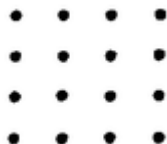
Un nombre carré se décompose en deux nombres triangulaires inégaux ; plus

précisément, un nombre carré de côté n (soit la somme des n premiers nombres impairs) se décompose en des nombres triangulaires qui sont respectivement n $(n-1)/2$ et n $(n+1)/2$, soit :

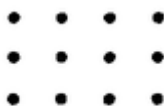
$$n(n-1)/2 + n(n+1)/2 = n^2$$

Une autre propriété est qu'un nombre carré se décompose en 4 nombres rectangulaires plus une unité, ou encore en 8 nombres triangulaires et une unité (car un nombre triangulaire est la moitié d'un nombre rectangulaire, comme l'indique la formule $n(n+1)/2$, le rectangle ayant les côtés n et $n+1$, soit : $8n(n+1)/2 + 1 = 4n(n+1) + 1 = (2n+1)^2$

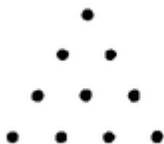
125. LA REPRÉSENTATION PYTHAGORICIENNE DES NOMBRES



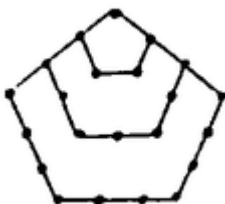
Nombre carré



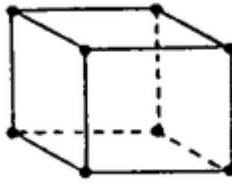
Nombre hétéromèque (rectangulaire)



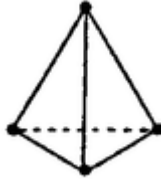
Nombre triangulaire



Nombre pentagonal

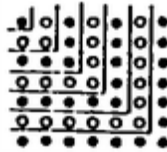


Nombre cubique



Nombre pyramidal

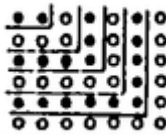
126. LES PROPRIÉTÉS DES NOMBRES



La somme des nombres impairs successifs est un nombre carré :

$$1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 = 49 = 7^2$$

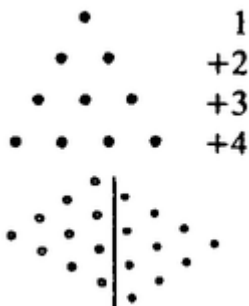
On peut poursuivre indéfiniment en ajoutant au carré une nouvelle équerre (« gnomon », dans la terminologie pythagoricienne), représentant le nombre impair suivant.



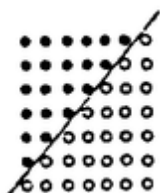
La somme des nombres pairs successifs est un nombre rectangulaire :

$$2 + 4 + 6 + 8 + 10 + 12 = 42 = 6 \times 7$$

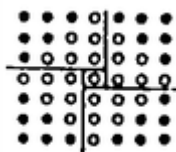
On peut poursuivre indéfiniment en ajoutant au rectangle une équerre dont les deux bras sont inégaux d'une unité, représentant le nombre pair suivant.



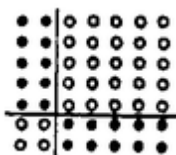
La somme des nombres successifs, pairs et impairs, est un nombre triangulaire, qui est égal à la moitié d'un nombre quadrangulaire. Plus précisément, le triangle des n premiers nombres est égal à la moitié du quadrilatère de côtés n et $(n+1)$.



Un nombre carré de côté n se décompose en deux triangles $n(n-1)/2$ et $n(n+1)/2$



Un nombre carré se décompose en 4 nombres rectangulaires plus une unité, ou en 8 nombres triangulaires plus une unité (un nombre rectangulaire se décomposant toujours en 2 nombres triangulaires égaux).



Un nombre carré de côté A se décompose en deux nombres carrés de côtés respectifs a et b , plus deux nombres rectangulaires égaux de forme ab . Soit :

$$A^2 = (a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

Enfin on voit facilement qu'un nombre carré peut être décomposé en deux nombres carrés plus deux nombres rectangulaires égaux, soit :

$$A^2 = (a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

L'encadré 126 explicite toutes ces propriétés des nombres qui apparaissent

dans la figuration pythagoricienne. Ici encore, on supposera que les plus évidentes ont été connues de Pythagore lui-même, les plus compliquées étant dues à ses successeurs.

Il s'agit bien là d'une étude des propriétés des nombres indépendante de toute application pratique. C'est encore le cas dans la distinction que faisaient les Pythagoriciens de certains autres nombres. Outre les pairs et les impairs (le pair étant celui qui se laisse diviser en deux parties égales ; étymologie : latin *par*, égal), ils distinguaient les nombres premiers et les nombres secondaires ; les nombres premiers étant ceux qui n'admettent pas d'autres diviseurs que 1 et eux-mêmes (les secondaires sont les autres). Dans la figuration géométrique, les nombres premiers sont dits « rectilinéaires », car ils ne peuvent être représentés que par une ligne (et non une surface ou un volume) du fait qu'ils n'ont de « mesures » qu'eux-mêmes et l'unité (à la rigueur, si n est premier, il peut être représenté par un polygone à n sommets).

Les nombres parfaits sont ceux qui sont égaux à la somme de leurs diviseurs. Par exemple, le nombre 6, qui est égal à $1+2+3$; ou bien 28 qui est égal à $1+2+4+7+14$. Les nombres abondants et les nombres déficients sont définis en fonction des nombres parfaits : le nombre abondant est celui qui est supérieur à la somme de ses diviseurs, le nombre déficient est celui qui est inférieur à celle-ci. Par exemple, 8 est abondant (la somme de ses diviseurs est $1+2+4 = 7$), et 12 est déficient (la somme de ses diviseurs est $1+2+3+4+6 = 16$).

Les nombres amis sont ceux dont chacun est la somme des diviseurs de l'autre. Par exemple, 220 et 284 sont des nombres amis, car 220 est égal à $1+2+4+71 + 142$ qui est la somme des diviseurs de 284, et 284 est égal à $1+2+4+5+10+11+20+22+44+55 + 110$ qui est la somme des diviseurs de 220.

Ici encore, il est difficile de dire ce qui revient à Pythagore, aux premiers Pythagoriciens ou aux Pythagoriciens plus tardifs. De telles définitions sont assez simples, il est donc probable qu'elles remontent aux premiers Pythagoriciens ; en revanche, les démonstrations s'y rapportant, ou les méthodes permettant de calculer ces nombres sont sans doute plus tardives. À titre d'exemple, voici la méthode pour trouver un nombre parfait, exposée par Théon de Smyrne, un Néo-pythagoricien de la seconde moitié du II^e siècle ap. J.-C. (elle correspond à la proposition 36 du IX^e livre des *Éléments* d'Euclide) :

Voici comment sont engendrés les nombres parfaits : si nous disposons les nombres en progression double à partir de l'unité et que nous les additionnons jusqu'à obtenir un nombre premier et non composé, et si nous multiplions cette somme par le dernier nombre additionné, le produit sera un nombre parfait. Disposons donc les nombres en progression double 1, 2, 4, 8, 16. Additionnons 1 et 2, la somme est 3 *[et 3 est un nombre premier]* ; si nous la multiplions par le dernier nombre additionné qui est 2 nous aurons 6, qui est le premier nombre parfait, car $1+2+3 = 6$. Si nous additionnons maintenant les trois premiers nombres successifs 1, 2, 4 *[dans la progression double]*, la somme est 7, multipliée par le dernier nombre additionné 4, donne 28, qui est le second nombre parfait. Il a en effet pour parties aliquotes la moitié qui est 14, le quart qui est 7, le septième qui est 4, le quatorzième qui est 2, et le vingt-huitième qui est 1 $[1 + 2 + 4 + 7 + 14 = 28]$.

[Si l'on continue le processus, on a $1 + 2 + 4 + 8 = 15$, qui n'est pas premier et ne convient donc

pas. Puis $1+2+4+8+16 = 31$ qui est premier, on le multiplie par le dernier nombre additionné, soit 16, on obtient 496 qui est parfait ($496 = 1+2+4+8+16+31+62+124+248$). Ensuite, on a $1+2+4+8+16+32 = 63$, qui n'est pas premier et ne convient pas, etc.]

Il y a une étude des nombres pour eux-mêmes (indépendamment des applications pratiques), mais aussi une esquisse de démonstration rationnelle (la figuration des nombres permet une « démonstration » géométrique de leurs propriétés). Puisqu'on ne sait pas si Thalès a jamais proposé une démonstration pour les connaissances mathématiques qui lui sont attribuées, et que de telles démonstrations manquent en Mésopotamie et en Egypte, c'est à Pythagore et à son école que revient l'« invention » de la démonstration et la recherche de la rigueur et de la rationalité en mathématiques (au lieu de l'approximation suffisante aux applications pratiques, dont se contentaient Mésopotamiens et Egyptiens).

Mais cette rationalité naissante s'inclut dans une mystique des nombres. On a déjà rencontré une mystique des nombres en Mésopotamie (encadré 40, tome 1) ; celle-ci comme celle-là peuvent se comprendre en ce qu'il est difficile d'appréhender le niveau d'existence du nombre (lorsqu'on dit « il y a 3 arbres », le niveau d'existence du nombre 3 n'est pas le même que celui des arbres) et qu'en même temps les choses semblent obéir à certains rapports numériques (d'où un niveau d'existence sur-naturel supposé au nombre : il commande à la nature tout en étant en dehors d'elle). La principale différence avec la mystique numérique mésopotamienne est que Pythagore se préoccupe des nombres et de leurs rapports en eux-mêmes, comme un tout séparé de l'application pratique et ayant son organisation propre se prêtant à des démonstrations ; alors que les Mésopotamiens s'intéressaient à l'utilisation des nombres à des fins pratiques – car ils commandent aux choses –, une pratique conçue comme une magie ; c'est-à-dire qu'ils s'intéressaient au rapport des nombres et des choses, plus qu'à celui des nombres entre eux, ou alors ils n'envisageaient celui-ci que par le biais d'un Panthéon où les nombres-dieux étaient hiérarchisés selon un mythe (et non selon des principes se prêtant à des démonstrations).

Pythagore croyait à la métempsycose, à la purification progressive de l'âme par son passage dans différents corps, et il considérait la connaissance comme une purification ; ce qui présuppose une vérité-pureté éternelle, commandant l'univers tout en étant séparée (ce qui n'est pas très éloigné de ce que sera un peu plus tard le *Logos* d'Héraclite). Cette vérité-pureté est assimilée aux nombres, qui commandent à l'univers tout en ayant un niveau d'existence sur-naturel. La connaissance-purification n'est plus alors la connaissance de moyens pratiques de calcul appliqué, la connaissance des rapports entre les nombres et les choses, car la vérité-pureté est séparée de ces choses (comme l'âme est distincte du corps et éternelle). La connaissance-purification est d'abord la connaissance de cette vérité séparée, la connaissance des nombres et de leurs rapports en eux-mêmes, c'est-à-dire la connaissance des mathématiques, ici l'arithmétique. La connaissance des rapports entre les mathématiques et la nature, la physique mathématique, est

également prise en considération par la secte pythagoricienne (voir ci-après), mais avec moins de succès que la mathématique pure et en faisant assez largement place à des facteurs mystiques et irrationnels (qu'on rencontre moins dans la mathématique pure pythagoricienne, bien qu'elle se fonde sur une mystique numérique).

On remarquera que cette conception est proche parente de la politique aristocratique de la secte (politique qui lui valut ses ennuis avec les partis démocratiques, la dispersion et le massacre de ses membres). Il est très probable qu'il s'agissait d'une aristocratie du savoir ; le pouvoir devant être, dans cette conception, aux mains d'une élite possédant la connaissance (et la pureté), et séparée du reste de la population ignorante et impure (comparer aux thèses de Platon, dans la *République*) ; la dite élite ne pouvant être bien sûr que les membres de la secte. On comprend que cela n'ait pas plu aux non-initiés, et notamment aux tenants de la démocratie. On rapprochera, par ailleurs, l'organisation de l'univers selon les principes numériques (l'harmonie – voir ci-après la question de la musique et de la physique) et l'organisation politique de la cité selon des lois fondées sur une telle harmonie (en plaçant au pouvoir une aristocratie savante et pure, et distribuant les autres tâches selon des principes analogues). La secte elle-même était ainsi structurée et comportait, semble-t-il, différents niveaux d'initiation.

La constitution des mathématiques en une science autonome, en un tout organisé, indépendant des applications, trouve donc son origine moins dans l'utilisation des nombres et de leurs propriétés (le calcul) à des fins pratiques que dans la mystique numérique ; moins dans l'étude de la nature que dans celle d'une vérité-pureté surnaturelle (régissant cependant la nature). Les tentatives d'applications des propriétés des nombres (en Mésopotamie, en Egypte, et en Grèce – voir ci-après la musique et la physique pythagoriciennes) ont certes permis l'ébauche des études arithmétiques et géométriques et, d'autre part, favorisé l'idée que les choses sont régies par les nombres. L'exploration systématique des combinaisons numériques que semblent avoir faite les Mésopotamiens a ébauché l'étude des nombres et de leurs propriétés en eux-mêmes ; mais c'est à l'école pythagoricienne et à l'étude qu'elle a faite de ces nombres et de leurs propriétés comme approche d'une vérité transcendante et mystique que revient le mérite de la constitution des mathématiques proprement dites, caractérisées par l'exigence de démonstrations rationnelles et l'articulation des propositions en un tout organisé. L'étude des nombres en eux-mêmes (comme des objets mathématiques – et non comme des moyens de calcul) et l'amorce d'une unification des propositions mathématiques en un tout proviennent de ce que ces nombres et leurs propriétés ont été assimilés à une vérité séparée de la nature mais la régissant (cette séparation impliquait qu'on étudie les nombres en eux-mêmes, en même temps qu'elle faisait d'eux un tout en les isolant de la nature). Bien évidemment, ce caractère de totalité organisée et l'exigence de démonstrations rationnelles se comprennent aussi par la manière dont les propriétés des nombres apparaissent comme « obligatoires » et

« interdépendantes » dans la figuration géométrique pythagoricienne.

Après cette étude des propriétés des nombres, le deuxième point remarquable de l'arithmétique pythagoricienne est l'étude des proportions (ou « médiétés ») ; ce que l'on rapprochera de l'importance que jouaient les progressions en Mésopotamie, notamment en astronomie. L'école a connu les onze proportions possibles entre trois termes a , b et c ; mais Pythagore et ses disciples immédiats n'ont étudié que les trois premières : les proportions arithmétique, géométrique et harmonique, qui correspondent au rapport des différences entre les termes $(a-b) / (b-c)$ égal à, respectivement, a/a , a/b et a/c (voir encadré 127). Pour les autres proportions, Jamblique et Nicomaque citent les noms de Hippasos, Archytas et de trois Pythagoriciens moins anciens, Simos, Myonide et Euphranor.

Les deux premières proportions ne sont pas des nouveautés ; elle ne sont rien d'autre que des progressions arithmétiques et géométriques, progressions limitées à trois termes dans cette formulation (qui peut facilement être étendue à autant de termes que l'on veut) ; on les a déjà rencontrées en Mésopotamie et en Egypte. La troisième (baptisée par Hippasos et Philolaos du nom d'harmonique) est en revanche propre aux Pythagoriciens. On leur attribue, peut-être à Pythagore lui-même, la découverte du fait qu'elle régit les intervalles musicaux : dans la proportion harmonique 12, 8 et 6, le rapport $12/6 = 2$ correspond à l'octave (c'est-à-dire que la fréquence de ut_2 est double de celle de ut_1), le rapport $8/6 = 4/3$ correspond à la quarte (la fréquence de fa est à celle de ut_1 ce que 4 est à 3), le rapport $12/8 = 3/2$ correspond à la quinte (la fréquence de sol est à celle de ut_1 ce que 3 est à 2, ou encore la fréquence de fa est à celle de ut_2 ce que 2 est à 3). On reviendra sur tout cela lorsqu'on étudiera la musique dans l'école pythagoricienne.

127. LES PROPORTIONS ARITHMÉTIQUE, GÉOMÉTRIQUE ET HARMONIQUE

La proportion arithmétique

Le premier terme dépasse le second de la même quantité que celui-ci dépasse le troisième.

$$a-b = b-c \qquad \frac{a-b}{b-c} = \frac{a}{b} = \frac{b}{c} = 1 \qquad b = \frac{a+c}{2}$$

La proportion géométrique

Le premier terme est au second ce que le second est au troisième.

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c} \qquad b^2 = ac \qquad \frac{a-b}{b-c} = \frac{a}{b} = \frac{b}{c} \qquad b = \sqrt{ac}$$

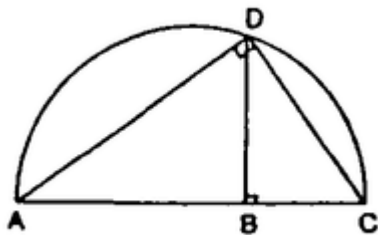
Quelle que soit la part de lui-même dont le premier terme dépasse le second, le second dépasse le troisième de la même part de ce troisième.

$$a = b + \frac{a}{n} \quad b = c + \frac{c}{n} \quad \frac{1}{c} - \frac{1}{b} = \frac{1}{b} - \frac{1}{a} \quad \frac{a-b}{b-c} = \frac{a}{c} \quad b = \frac{2ac}{a+c}$$

On obtient les autres proportions (ou médiétés) en envisageant les rapports que peuvent entretenir les trois termes a , b et c : $(a - b)$ et $(b - c)$ comme ci-dessus, mais aussi $(a - c)$ et $(b - c)$, $(a-b)$ et $(a - c)$ (a est supérieur à b , lui-même supérieur à c ; on n'a donc pas à tenir compte des différences $(b - a)$, $(c - a)$ et $(c - b)$). Les rapports de ces différences entre les termes peuvent être égaux à 1, a/b , b/a , a/c , c/a , b/c et c/b .

Outre leurs définitions, et l'application musicale de l'harmonique, quelles opérations les Pythagoriciens effectuaient-ils sur ces proportions ? On attribue à Pythagore la manière d'obtenir la somme de n termes d'une progression arithmétique. Les Pythagoriciens savaient également obtenir le 3^e terme d'une proportion dont on connaît les deux autres ; par exemple, le moyen terme d'une progression géométrique est égal à la racine du produit des deux extrêmes, $b^2 = ac$. Un tel problème pouvait se résoudre arithmétiquement, mais aussi géométriquement (notamment lorsque la racine de ac était irrationnelle – voir ci-après la question des nombres irrationnels). L'encadré 128 expose la méthode géométrique de construction de la moyenne géométrique entre deux nombres (représentés par des segments de droite).

128. CONSTRUCTION DE LA MOYENNE GÉOMÉTRIQUE



On connaît les termes a et c dans la proportion géométrique $a/b = b/c$. Il faut obtenir b .

Soit les segments $AB = a$ et $BC = c$, sur la même droite. On construit le demi-cercle de diamètre $AC (= a+c)$, on mène en B une perpendiculaire à AC qui couple le cercle en D . On a alors $BD = b$.

En effet, d'après le théorème de Pythagore :

$$AD^2 = AB^2 + BD^2 \quad DC^2 = BD^2 + BC^2 \quad AC^2 = AD^2 + DC^2 \quad \text{d'où} \quad AC^2 = AB^2 + BD^2 + BD^2 + BC^2 = AB^2 + 2BD^2 + BC^2$$

$$= (a + c)^2 = a^2 + 2BD^2 + c^2$$

$$= a^2 + 2ac + c^2$$

$$\text{d'où } 2BD^2 = 2ac, \text{ d'où } BD^2 = ac$$

Or, dans la proportion géométrique, le produit des moyens est égal à celui des extrêmes, soit

$$b^2 = ac, \text{ d'où } b^2 = BD^2, \text{ d'où } BD = b$$

Dans le même ordre d'idées, on montre facilement que la moyenne géométrique entre deux nombres carrés est le produit des racines de ces nombres ; c'est-à-dire que la moyenne géométrique de a^2 et b^2 est $ab : a^2/ab = ab/b^2$; ou encore qu'il y a deux moyennes géométriques entre deux nombres cubiques a^3 et b^3 , ce sont a^2b et ab^2 ; en effet $a^3/a^2b = a^2b/ab^2 = ab^2/b^3$.

La question des deux moyennes géométriques (ou moyennes proportionnelles) entre deux nombres est importante en ce qu'elle permet de résoudre le problème de la duplication du cube. Il s'agit là d'un problème de géométrie, mais, comme il est très lié à la question des proportions, nous l'évoquerons ici. La duplication du carré est très simple ; elle n'a pas de solution arithmétique exacte (dans le cadre des nombres rationnels, seuls alors connus, voir ci-après), car elle fait appel à la racine carrée de 2, qui est irrationnelle ; mais elle se résout facilement de manière géométrique, à la règle et au compas : le carré qui a pour côté la diagonale d'un autre carré a une surface double de celle de celui-ci. La duplication du cube est plus compliquée ; elle non plus n'a pas de solution arithmétique exacte, du fait de l'irrationalité de la racine cubique de 2, et le traitement géométrique est complexe. C'est Hippocrate de Chio, mathématicien du ^{ve} siècle av. J.-C. (qu'il ne faut pas confondre avec le médecin Hippocrate de Cos), qui, le premier, montra que ce problème s'apparente à celui de l'établissement de deux moyennes proportionnelles entre deux nombres. En effet, si $A/x = x/y = y/B$, A et B étant les extrêmes et x et y les moyennes, alors $A^3/x^3 = A/B$. Cela est bien visible si l'on pose $A = a^3$ et $B = b^3$; d'après la formule donnée précédemment, la première moyenne x est alors égale à a^2b , ce qui donne $A^3 = a^9$, $x^3 = a^6b^3$, $A = a^3$ et $B = b^3$, donc $A^3/x^3 = a^9/a^6b^3 = a^3/b^3 = A/B$. Si donc on choisit un cube de côté A et le volume A^3 , et qu'on veuille obtenir un cube de volume x^3 double de A^3 , le côté x de ce cube est la première des deux moyennes proportionnelles entre A et B , avec $B = 2A$.

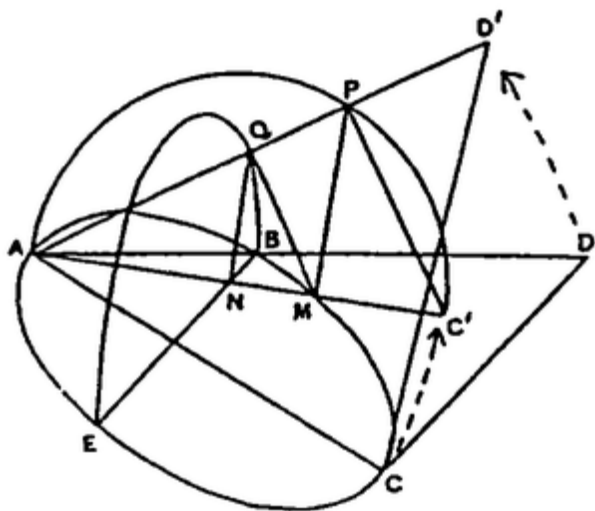
Tout comme il existe une méthode géométrique pour construire la moyenne proportionnelle (ou géométrique) entre deux nombres (encadré 128), il existe une méthode géométrique pour construire deux moyennes proportionnelles entre deux nombres, en assimilant ceux-ci à des segments de droite. Cette méthode a été mise au point par Archytas de Tarente (à la fin du ^{ve} ou au début du ^{iv}^e siècle av. J.-C.). C'est une méthode complexe de géométrie dans l'espace rapportée par Eutocius d'Ascalon, mathématicien grec du ^{vi}^e siècle après J.-C. (qui dit lui-même citer à ce sujet Eudème, un élève d'Aristote) ; elle est indiquée dans l'encadré 129. On voit qu'elle est très élaborée ; c'est celle d'un Pythagoricien « tardif » et elle ne peut donc pas être considérée comme représentative de la

géométrie (ou de l'arithmétique) de Pythagore lui-même. Elle montre, d'une part, que la méthode mathématique a progressé considérablement et rapidement (moins d'un siècle et demi sépare Pythagore et Archytas) et, d'autre part, la relation étroite entre arithmétique et géométrie chez les Pythagoriciens (relation dépassant la simple figuration géométrique des nombres).

Il existe d'autres propriétés des proportions, arithmétiques, géométriques ou harmoniques, mises en évidence par les Pythagoriciens (Archytas a montré, par exemple, qu'il n'y a pas de moyenne géométrique entière de nombres dont l'un est *épimore* de l'autre, c'est-à-dire deux nombres de formes a et $a + (a/n)$). Nous ne les exposerons pas ici, d'une part parce qu'en général elles sont tardives par rapport à l'époque qui nous intéresse, d'autre part parce que les quelques exemples précédents montrent assez bien l'esprit de cette étude pythagoricienne des proportions sans qu'il soit nécessaire d'accumuler les détails. Signalons seulement, pour terminer cette question, qu'il existait une proportion dite « musicale », ou « babylonienne » (car elle passait pour provenir de Babylone), qui mettait en jeu quatre termes, les deux extrêmes a et b , une première moyenne x qui était la moyenne arithmétique des deux extrêmes, soit $x = (a+b)/2$, une seconde moyenne y qui était la moyenne harmonique des deux extrêmes, soit $y = 2ab/(a+b)$; on vérifie facilement que $a/x = y/b$. Elle passait pour « la plus belle des proportions ». Archytas l'utilisa dans une méthode d'extraction des racines carrées (en mettant à profit le fait que $ab = xy$), méthode exposée dans l'encadré 130, page 149.

129. CONSTRUCTION GÉOMÉTRIQUE DE DEUX MOYENNES PROPORTIONNELLES

(Réf. : Heath)



On représente les deux valeurs extrêmes par des segments AC et AB (AC pouvant éventuellement être la double de AB lorsqu'il s'agit de la duplication du cube). Il faut construire deux segments qui soient deux moyennes géométriques entre AC et AB.

On trace le cercle de diamètre AC. avec AB comme l'une de ses cordes. On construit un demi-cercle de diamètre AC dans le plan perpendiculaire au plan du cercle ABC, et on imagine que ce demi-cercle tourne autour d'une droite passant par A et perpendiculaire au plan ABC. Ce demi-cercle décrit ainsi un demi-tore de diamètre intérieur nul. La figure représente ce demi-cercle en APC', alors qu'il a déjà amorcé sa révolution.

On construit ensuite un demi-cylindre ayant le demi-cercle ABC comme base ; ce demi-cylindre coupe le demi-tore en une certaine courbe.

On trace CD la tangente en C au cercle ABC ; le point D est l'intersection de cette tangente et de la droite AB. On fait tourner le triangle ACD autour de AC, ce qui engendre un cône. Le point B décrit sur la surface de ce cône un cercle, dont la moitié est représentée sur la figure par BQE ; le plan de ce cercle étant perpendiculaire à celui de ABC. La surface du cône rencontre au point P la courbe d'intersection du demi-tore et du demi-cylindre.

Le demi-cercle APC' est la section du demi-tore à cette position. AC' coupe le cercle ABC en M. PM est perpendiculaire au plan ABC, et donc à AC', parce que PM est l'intersection du demi-disque APC' (perpendiculaire à ABC) et du demi-cylindre de base ABC (qui est donc dressé perpendiculairement à celui-ci).

AP coupe le cercle de révolution de B (lors de la rotation du triangle ACD) en Q, et AC' rencontre le diamètre de ce cercle en N.

On trace PC', QM et QN ; QN est perpendiculaire à ABC (car les demi-cercles BQE et APC' sont perpendiculaires à ABC), QN est donc perpendiculaire à BE et à AM.

$QN^2 = BN \cdot NE$ (d'après la démonstration de l'encadré 128, QN est la moyenne géométrique de BN et NE, car le triangle EQB est inscrit dans un demi-cercle, et est donc rectangle).

B. N. NE = AN. NM, il s'ensuit que $QW^2 = AN \cdot NM$, et donc que l'angle est droit. Cette partie de la démonstration d'Archytas est un peu obscure. Elle revient à dire que Q, étant un point de la sphère qui a comme équateur le cercle ABCE, se trouve sur un demi-cercle de diamètre AM situé dans un plan perpendiculaire à celui de ABCE ; le triangle AQM, inscrit dans un demi-cercle, est donc droit.

L'angle est également droit (il est inscrit dans un demi-cercle). MQ et C'P sont donc parallèles (car tous deux perpendiculaires à AP). Les triangles AQM, APC' et AMP sont rectangles et semblables (car les angles de chacun d'eux sont égaux à ceux des autres), on peut donc écrire les rapports suivants :

$$\frac{C'A}{AP} = \frac{AP}{AM} = \frac{AM}{AQ}$$

Comme $C'A = AC$ et $AQ = AB$, d'après la construction de la figure, on a

$$\frac{AC}{AP} = \frac{AP}{AM} = \frac{AM}{AB}$$

C'est-à-dire que AP et AM sont les deux moyennes proportionnelles entre AC et AB , ce qu'on cherchait à construire.

(N.B. : la démonstration d'Archytas est ici transcrite en termes mathématiques modernes.)

130. EXTRACTION DES RACINES CARRÉES

Méthode d'extraction des racines carrées s'appliquant à tout nombre, carré parfait ou non (elle donne dans ce cas une approximation). Elle est due à Archytas, et se fonde sur le principe de la proportion musicale.

Rappelons que la proportion musicale a la forme $a/x = y/b$, soit $ab = xy$, avec $x = (a+b)/2$ et $y = 2ab/(a+b)$; x et y sont donc, respectivement, les moyennes arithmétique et harmonique de a et b .

Soit A le nombre dont on cherche la racine carrée. On le met sous la forme d'un produit ab (a ou b pouvant éventuellement être égal à 1). On cherche alors les moyennes musicales x et y de a et b (avec les formules indiquées ci-dessus). Le produit de ces moyennes, xy , est égal à ab , et donc égal à A .

On considère alors x et y comme les extrêmes d'une nouvelle proportion musicale, dont on cherche les moyennes x_1 et y_1 ; on a $x_1 y_1 = xy$ (le produit des extrêmes est égal au produit des moyennes), donc $x_1 y_1 = A$.

On continue de la même façon, jusqu'à ce que l'on ait $x_n = y_n$, avec $x_n y_n = A$; $x_n = y_n$ est alors la racine carrée de A . Si la racine est irrationnelle, le processus se poursuit indéfiniment (on s'arrête alors selon l'approximation souhaitée).

Exemple : racine de 300 $A = 300 = 20 \times 15$ $a = 20$ $b = 15$

$x = (a+b)/2 = 17,5$ $y = 2ab/(a+b) = 17,142857$

$x_1 = (x+y)/2 = 17,321428$ $y_1 = 2xy/(x+y) = 17,319587$

$x_2 = 17,320507$ $y_2 = 17,320507$

$x_2 = y_2 = 17,320507 \approx \sqrt{300}$

L'égalité de x_2 et y_2 ne signifie pas ici que la racine est exacte ; elle provient simplement de ce que le calcul n'a été fait qu'avec 6 décimales. Avec une précision plus grande, le calcul continuerait sans jamais finir.

Le troisième point remarquable de l'arithmétique pythagoricienne est la découverte des nombres irrationnels. Rappelons qu'un nombre irrationnel est un nombre qui ne peut pas s'écrire sous la forme du rapport de deux autres nombres (contrairement aux nombres fractionnaires qui sont de tels rapports, comme $1/2$, $1/3$, $5/7$, ..., et aux nombres entiers qui peuvent toujours s'écrire sous la forme d'un rapport dont le dénominateur est 1, comme $2/1$, $3/1$, ...). L'équivalent géométrique de l'irrationalité d'un nombre est l'incommensurabilité de deux segments de droite : c'est-à-dire le fait que la mesure d'un des segments ne peut pas s'exprimer en fractions de la mesure de l'autre ; on l'explicitera un peu plus loin dans le cas de la diagonale du carré.

On attribue à Pythagore la démonstration de l'irrationalité de la racine carrée de 2, ce qui est évidemment lié au théorème de géométrie qui porte son nom et à son application à la diagonale du carré. L'encadré 131 expose cette démonstration. Bien que son attribution à Pythagore lui-même soit hypothétique, cette méthode a une coloration tout à fait pythagoricienne dans son utilisation du pair et de l'impair. Sa simplicité et son caractère archaïque laissent penser que, si elle n'est pas due à Pythagore lui-même, elle revient à l'un des premiers Pythagoriciens.

131. DÉMONSTRATION DE L'IRRATIONALITÉ DE LA RACINE DE DEUX

On démontre que la racine carrée de 2 est irrationnelle par l'absurde, en montrant que l'écriture de cette racine sous la forme d'un rapport conduit à une situation impossible.

Si la racine carrée de 2 est rationnelle, elle doit s'écrire sous la forme d'un rapport irréductible de la forme a/b . Dans un rapport irréductible, l'un des termes au moins, a ou b , est impair (les deux termes a et b pouvant être impairs) ; en effet, si les deux termes sont pairs, $a = 2\alpha$ et $b = 2\beta$, le rapport n'est pas irréductible (on peut diviser a et b par 2 et réduire le rapport a/b à α/β). Si donc la racine carrée de 2 est rationnelle, elle doit s'écrire sous la forme d'un rapport a/b dans lequel au moins un des termes, a ou b , est impair.

$$\sqrt{2} = \frac{a}{b} \quad \text{donc } 2 = \frac{a^2}{b^2} \quad \text{donc } a^2 = 2b^2$$

donc a^2 est un nombre pair

donc a est également un nombre pair et peut s'écrire sous la forme $a = 2\alpha$

d'où $a^2 = 4\alpha^2 = 2b^2$ donc $b^2 = 2\alpha^2$

donc b^2 est pair, donc b est également pair

Le rapport a/b a ses deux termes pairs, il n'est donc pas irréductible. On peut essayer de le réduire sous la forme α/β , avec $a = 2\alpha$ et $b = 2\beta$, et refaire le même raisonnement, qui conduira au même résultat, et ainsi à l'infini. Pour

que la racine carrée de 2 puisse s'écrire sous forme d'un rapport, il faudrait que l'un des termes de ce rapport soit à la fois pair et impair, ce qui est impossible. Cette racine ne peut donc pas s'écrire sous forme d'un rapport, elle est irrationnelle.

D'après le théorème de Pythagore, la diagonale D d'un carré de côté A est telle que $D^2 = 2A^2$; on peut donc appliquer le même raisonnement, et en conclure que D/A n'a de sens que géométrique, car sa forme arithmétique est irrationnelle : c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de trouver une unité de mesure permettant d'exprimer ce rapport de la diagonale au côté du carré par un nombre rationnel. Cette diagonale et ce côté du carré n'ont pas de commune mesure, ils sont incommensurables.

Voici une autre méthode (encadré 132) qui est sans doute un peu plus tardive (elle nous a été transmise par Théon de Smyrne, II^e siècle ap. J.-C., mais elle lui est bien antérieure). Elle utilise les nombres latéraux et les nombres diagonaux, dont l'invention est parfois attribuée à Philolaos (ces nombres sont définis dans l'encadré 132) ; c'est peut-être de son époque qu'elle date ; comme pour la précédente on remarquera son caractère fortement pythagoricien.

132. LES NOMBRES LATÉRAUX ET LES NOMBRES DIAGONAUX

Soit a le côté d'un carré et d sa diagonale ; le rapport d/a est égal à la racine carrée de 2.

On appelle nombres latéraux les nombres a_n , et nombres diagonaux les nombres d_n , tels que $a_1 = d_1 = 1$ et $a_{n+1} = a_n + d_n$ et $d_{n+1} = 2a_n + d_n$. Soit :

$a_1 = 1$	$d_1 = 1$	$a_4 = 12$	$d_4 = 17$
$a_2 = 2$	$d_2 = 3$	$a_5 = 29$	$d_5 = 41$
$a_3 = 5$	$d_3 = 7$	$a_6 = 70$	$d_6 = 99$

On peut continuer ainsi à l'infini. On assimile les nombres latéraux aux côtés de carrés dont les diagonales sont les nombres diagonaux correspondants. Ces diagonales sont approximatives, mais plus on avance dans la suite des nombres, plus elles s'approchent de la valeur réelle. La racine carrée de 2 étant égale à d/a , plus on avance dans la suite des nombres latéraux et diagonaux, plus on approche de la valeur exacte. Ainsi on a successivement :

1/1 3/2 17/12 41/29 99/70...

99/70 = 1, 4142857 à 7 décimales ; la racine carrée de 2 à 7 décimales est 1, 4142135. L'approximation est déjà très bonne.

On s'aperçoit en effet facilement que le carré des nombres diagonaux est

toujours égal à deux fois le carré des nombres latéraux, plus ou moins une unité en alternance (alors que le carré de la diagonale est toujours exactement égal à deux fois le carré du côté). Cette propriété est inhérente à la définition et à la construction de ces nombres.

$$\begin{array}{ll} 1^2 = 2(1^2) - 1 & 17^2 = 2(12^2) + 1 \\ 3^2 = 2(2^2) + 1 & \text{etc.} \\ 7^2 = 2(5^2) - 1 & d_n^2 = 2(a_n^2) \pm 1 \end{array}$$

En conséquence, la racine de 2 est irrationnelle. En effet, les approximations successives obtenues par les rapports des nombres diagonaux et latéraux tendent vers elle sans jamais l'atteindre.

$$d_n/a_n = \sqrt{d_n^2/a_n^2} = \sqrt{(2a_n^2 \pm 1)/a_n^2} = \sqrt{2 \pm (1/a_n^2)} \approx \sqrt{2}$$

d_n/a_n tend vers $\sqrt{2}$ quand n tend vers l'infini. $\sqrt{2}$ ne peut donc être exprimée sous forme d'un rapport.

Toujours dans le cadre de l'étude de l'irrationalité, on doit rappeler ce qu'est la méthode dite « antyphérèse », méthode exposée par Euclide mais qui était utilisée bien avant lui. Elle consiste en la recherche de la plus grande commune mesure entre deux grandeurs (soit le plus grand commun diviseur) par soustraction alternée. Un exemple le fera mieux saisir. Soient deux nombres 85 et 119, on recherche leur plus grand diviseur commun ; pour cela, on soustrait 85 de 119, soit 34 ; on ne se préoccupe plus alors que de 34 et 85, car un diviseur commun à 34 et 85 le sera aussi de 119, leur somme ; on soustrait alors 34 de 85, soit 51 ; même remarque ; comme le reste de 51 est plus grand que 34 le nombre soustrait, on lui retranche de nouveau 34, soit 17 ; même remarque ; on soustrait 17 de 34, soit 17 ; 17 est le plus grand diviseur commun de 85 et 119. Si les deux nombres n'avaient pas eu de diviseur commun, le processus aurait continué jusqu'à ce que le reste soit 1.

Si on applique cette antyphérèse à des grandeurs quelconques (des segments de droite par exemple), on peut établir leur incommensurabilité. Une telle incommensurabilité se traduirait par le fait que le processus de soustractions se poursuit à l'infini, sans que l'on trouve une valeur, aussi petite soit-elle, qui puisse servir de commune mesure aux deux grandeurs de départ (c.-à-d. de diviseur commun). Pour prouver cette incommensurabilité, il n'est cependant pas nécessaire de poursuivre la méthode à l'infini ; il suffit de montrer l'existence de cycles dans les rapports entre les résultats successifs des soustractions. Par exemple, si a et b sont les valeurs de départ et qu'après un certain nombre de soustractions on obtient des nombres m et n qui sont entre eux dans le même rapport que a et b (c'est à dire $a/b = m/n$), alors on aura à partir de m et n le même cycle de soustractions qu'à partir de a et b (les valeurs absolues sont différentes, mais pas les valeurs relatives), cycle qui nous mènera à des valeurs m' et n' , telles que $m'/n' = m/n$; et ainsi de suite à l'infini ; il n'y a pas alors de mesure commune entre a et b .

Pour démontrer l'irrationalité de la racine carrée de 2, il suffit de démontrer par cette méthode son incommensurabilité avec le nombre 1, c'est-à-dire l'incommensurabilité de la diagonale $d = \sqrt{2}$ et du côté $a = 1$ d'un carré. Les encadrés 133 et 134 donnent respectivement la forme arithmétique et la forme géométrique de cette démonstration de l'irrationalité de la racine de 2 par antyphérèse.

133. L'ANTYPHÉRÈSE ARITHMÉTIQUE SUR 1 ET $\sqrt{2}$

Soient $a = 1$ et $d = \sqrt{2}$; on soustrait 1 de $\sqrt{2}$, le résultat est $x = \sqrt{2} - 1$; on soustrait x de a , soit $y = 1 - (\sqrt{2} - 1) = 2 - \sqrt{2}$. On remarque que $d/a = y/x$. En effet, le produit des extrêmes, dx , est égal au produit des moyens, ay . L'antyphérèse se fait donc selon un cycle qui se répète à l'infini (de d et a à x et y , de x et y à x' et y' , et ainsi de suite). Il n'y a donc pas de commune mesure entre 1 et $\sqrt{2}$, $\sqrt{2}$ est donc irrationnelle,

$$a = 1 \quad d = \sqrt{2}$$

$$x = d - a = \sqrt{2} - 1$$

$$y = a - x = 1 - (\sqrt{2} - 1) = 2 - \sqrt{2} = 2a - d$$

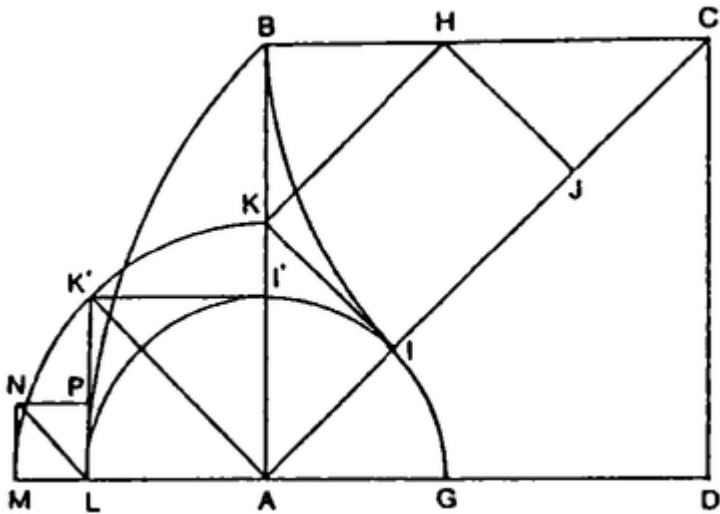
$$d/a = \sqrt{2}/1 \quad y/x = (2 - \sqrt{2}) / (\sqrt{2} - 1)$$

$$dx = \sqrt{2}(\sqrt{2}-1) = 2 - \sqrt{2} \quad ay = 1(2 - \sqrt{2}) = 2 - \sqrt{2}$$

$$\text{donc } dx = ay, \text{ donc } d/a = y/x, \text{ donc le processus est cyclique.}$$

Comme pour les autres méthodes, il n'est pas facile de préciser la date et l'auteur de ce genre de démonstrations ; il est possible qu'il y ait eu une maturation progressive et que les éléments des démonstrations n'aient été articulés que peu à peu en un tout cohérent. Les mathématiciens dont les noms sont restés attachés à cette question des nombres irrationnels sont principalement Théodore de Cyrène (un Pythagoricien du v^e siècle av. J.-C.) qui passe pour avoir démontré l'irrationalité des racines carrées des nombres entiers, autres que les carrés parfaits, jusqu'à 17, et Théétète (mathématicien de la fin du v^e et du début du iv^e siècle av. J.-C., qu'on rattache plus à Socrate et Platon qu'à Pythagore – en remarquant cependant que l'œuvre de Platon garde les traces de l'influence pythagoricienne) qui aurait, entre autres, réduit à une preuve unique les démonstrations successives de Théodore de Cyrène (pour 3, 5, 7, ..., 17). On lui attribue parfois – ce qui est peu vraisemblable – la démonstration de l'irrationalité de certaines racines cubiques.

134. L'ANTYPHÉRÈSE GÉOMÉTRIQUE SUR 1 ET $\sqrt{2}$



Soit le carré ABCD, de côté $AB = a$ et de diagonale $AC = d$.

Sur la diagonale AC on marque les points I et J, tels que $AJ = CI = a$, d'où $CJ = AI = d - a$. En I et J on élève les perpendiculaires à AC, IK et JH.

On démontre facilement que les triangles AIK, BKH et CJH sont des triangles rectangles isocèles égaux entre eux (chacun a un angle droit et un angle de 45° – la diagonale d'un carré fait un angle de 45° avec le côté –, leur autre angle fait donc 45° également ; les deux angles à la base étant égaux, ils sont isocèles. D'autre part $AI = CJ$ par construction, et $KI = AI$ puisque AIK est isocèle ; $KI = BK$, car les triangles BKC et CIK sont égaux – puisqu'ils sont rectangles et ont l'hypoténuse commune).

D'où $AI = IK = BK = BH = CJ = HJ = d - a$, ce qui est la première étape de l'antypthèrese : le côté est soustrait de la diagonale.

Dans la deuxième étape, on soustrait l'un de l'autre les deux plus petits termes, soit $d - a$ est soustrait de a . Comme $BK = d - a$ et $AB = a$, cela devient $a - (d - a) = AB - BK = AK = 2a - d$.

Dans la troisième étape de l'antypthèrese, on soustrait l'un de l'autre les deux plus petits termes qui nous restent, soit $d - a$ est soustrait de $2a - d$, c'est-à-dire que l'on soustrait $AI = d - a$ de $AK = 2a - d$.

Or, puisque AKI est rectangle et isocèle, c'est la moitié d'un carré de côté $AI = d - a$ et de diagonale $AK = 2a - d$. C'est-à-dire qu'on est revenu à la situation de départ où il fallait soustraire le côté d'un carré de sa diagonale. Le processus est donc cyclique et ne s'arrêtera jamais. Le côté et la diagonale du carré sont incommensurables.

Sur la figure, on a construit ce nouveau carré par rotation du triangle AKI autour de A ; c'est $AI'K'L$. Au cycle suivant, on obtiendra LMNP, etc.

Quoi qu'il en soit de ces attributions, la question des nombres irrationnels (d'abord la racine carrée de 2, puis d'autres) a été l'un des sommets de la mathématique pythagoricienne. La preuve en est fournie par les démonstrations précédemment évoquées. Ce fut aussi la première grande crise qu'ont connue les mathématiques, crise particulièrement sensible chez les Pythagoriciens du fait du statut qu'ils donnaient aux nombres et aux rapport numériques. Avec l'irruption des nombres irrationnels, que devient la conception du nombre comme collection d'unités ? Avec l'incommensurabilité liée à l'irrationalité, que devient l'affirmation que les nombres et leurs rapports commandent aux choses (alors que ces nombres, entiers ou fractionnaires, ne peuvent même pas rendre compte du rapport existant entre le côté et la diagonale du carré) ? Que devient même la possibilité d'accéder à la connaissance (en cela le terme français d'irrationnel – avec ses deux sens de « non-raisonnable » et de « non-rapportable » – est bien explicite et ne fait qu'exactement transcrire le terme grec d'*alogos*, formé de *a* privatif et de *logos*, qui est à la fois le rapport et la raison) ? Cette crise est illustrée par la mort d'Hippasos de Métaponte dans un naufrage, mort dont la cause était attribuée au fait qu'il aurait révélé l'irrationalité de la racine carrée de 2 (d'autres traditions disent qu'il s'agissait de l'inscription du dodécaèdre dans la sphère) – l'enseignement et les travaux des Pythagoriciens devaient rester secrets, rappelons-le. Ce qui est commenté en ces termes par un scolaste anonyme qui rapporte l'histoire :

Les auteurs de la légende ont voulu parler par allégorie. Ils ont voulu dire que tout ce qui est irrationnel et privé de forme doit demeurer caché. Que si quelque âme veut pénétrer dans cette région secrète et la laisser ouverte, alors elle est entraînée dans la mer du devenir et noyée dans l'incessant mouvement de ses courants. (*Réf. : Desanti.*)

Les nombres irrationnels ouvraient la porte à l'infini en mathématiques (au moins sous la forme de la divisibilité infinie) ; infini qui jusqu'alors avait, dans la pensée grecque, la connotation d'inachevé et d'informe (non-fini et non-limité) outre celle de dimension grande (ou petite) de manière démesurée (hors de la mesure, ce qui se ramène à l'incommensurabilité et l'irrationalité). Ils allaient aussi orienter la mathématique grecque vers la géométrie de manière préférentielle : si l'on ne peut exprimer la racine carrée de 2 par un nombre rationnel, on peut toujours tracer la diagonale d'un carré et effectuer toutes sortes de démonstrations géométriques à partir d'elle (de même pour la racine de 3, c'est la hauteur d'un triangle équilatéral de côté 2 ; et les autres racines irrationnelles que l'on peut obtenir géométriquement). D'une mystique des nombres (Mésopotamie et Pythagoriciens), on va passer à un dieu géomètre (Platon). Enfin, c'est sans doute à l'irrationalité de certains nombres, autant qu'à la divisibilité infinie, que s'adressent les critiques de l'école d'Elée, notamment celles de Zénon ; critiques qui apporteront un nouveau développement dans la pensée grecque (voir chapitre suivant).

Nous serons amenés à évoquer la mystique numérale pythagoricienne lorsque nous étudierons la musique et la physique. Pour conclure cette partie consacrée à l'arithmétique, nous rappellerons que les Pythagoriciens se sont surtout intéressés en ce domaine aux propriétés des nombres en eux-mêmes (que ces propriétés dérivent ou non de leur figuration géométrique), aux proportions (arithmétique, géométrique et harmonique pour les premiers Pythagoriciens ; la proportion musicale – ou babylonienne – étant un peu à part), et aux nombres irrationnels (surtout, et d'abord, à la racine carrée de 2). Cette arithmétique se caractérise par son aspect « désintéressé » (elle ne vise pas à une application pratique), par l'exigence de démonstrations rationnelles (qui sont parfois reliées les unes aux autres). Ce en quoi elle inaugure la science mathématique comme science autonome (et non mode de calcul appliqué). Enfin, et ceci est très caractéristique de l'arithmétique pythagoricienne, elle est très liée à la géométrie : la figuration des nombres et la compréhension de leurs propriétés sont géométriques, les différentes proportions (notamment la géométrique, ou moyenne proportionnelle) se construisent géométriquement, l'irrationalité de certains nombres a pour parallèle l'incommensurabilité de certains segments (le côté du carré et sa diagonale, le côté du triangle équilatéral et sa hauteur, etc.). On remarquera enfin la rapidité de développement de cette arithmétique ; les différentes propriétés et démonstrations précédemment évoquées ont vraisemblablement été découvertes entre 550 et 350 av. J.-C. On mesure l'évolution entre la représentation géométrique des nombres et de leurs propriétés et la démonstration de l'irrationalité de la racine carrée de 2 par antyphèrèse arithmétique (ou même simplement la conception d'un nombre irrationnel), en comparant à l'Égypte ou même à la Mésopotamie, où 2000 ans n'ont permis que la mise au point de modes de calcul (parfois assez sophistiqués, il faut le reconnaître) sans faire progresser le niveau d'abstraction et de rationalité de l'arithmétique.

La géométrie

La nature même de l'arithmétique pythagoricienne nous a amenés à donner dans la partie précédente quelques indications sur la géométrie pratiquée dans la secte. Il s'agissait alors de principes géométriques déjà bien élaborés. On va maintenant quelque peu revenir en arrière pour étudier ce qui précède cette élaboration et qui est l'origine même de la géométrie, en tant que science « désintéressée » et soucieuse de démonstrations rationnelles (étant donné qu'on ne peut rien affirmer à ce sujet pour Thalès).

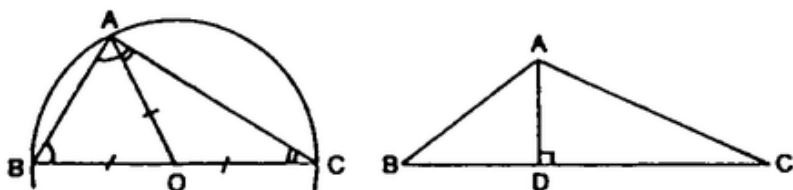
Comme pour l'arithmétique, il est difficile de dire ce qui, en géométrie, revient à Pythagore, aux premiers Pythagoriciens ou à des disciples plus tardifs (en restant dans les VI^e et V^e siècles av. J.-C.). Nous exposerons donc les connaissances dont la découverte est attribuée aux Pythagoriciens de cette époque, en donnant parfois (et sous réserves) les auteurs possibles.

La première de ces connaissances attribuées aux Pythagoriciens, voire à

Pythagore lui-même, est l'égalité à deux droits (180°) de la somme des angles d'un triangle. On remarquera que cette propriété se démontre facilement dans le cas du triangle rectangle avec les seules connaissances attribuées à Thalès (et peut être étendue aux triangles quelconques). La démonstration attribuée aux Pythagoriciens est cependant différente et fait appel aux propriétés des droites parallèles (propriétés qu'il faut donc supposer avoir été connues de ces Pythagoriciens). (Encadré 135.)

Il est vraisemblable que les Pythagoriciens (sinon les premiers, du moins ceux de la fin du v^e siècle) étaient parvenus à la formule générale donnant la valeur de la somme des angles d'un polygone à n côtés (ou n angles), soit $(2n - 4)$ angles droits ($90^\circ \times (2n - 4)$). Pour l'obtenir, il suffit de décomposer les polygones en triangles (dont on sait que la somme des angles est égale à 2 droits).

135. LA SOMME DES ANGLES DU TRIANGLE



Avec les seules connaissances attribuées à Thalès, on peut démontrer l'égalité à deux droits de la somme des angles du triangle. On le démontre d'abord dans le cas du triangle rectangle. Le triangle rectangle ABC est inscrit dans un demi-cercle de diamètre BC et de centre O ; l'angle en A est droit. $AO = BO = CO$; il s'ensuit que les triangles ABO et AOC sont isocèles ; les angles à la base d'un triangle isocèle sont égaux, donc :

$$\begin{aligned} \widehat{ABO} &= \widehat{BAO} \quad \text{et} \quad \widehat{CAO} = \widehat{OCA} \\ \text{Sachant que } \widehat{BAO} + \widehat{CAO} &= \widehat{BAC} = 90^\circ, \text{ on conclut que } \widehat{ABO} \\ &+ \widehat{OCA} = 90^\circ \\ \text{D'où la somme des angles du triangle ABC est } \widehat{BAC} &+ \widehat{ABO} \\ &+ \widehat{OCA} = 180^\circ \end{aligned}$$

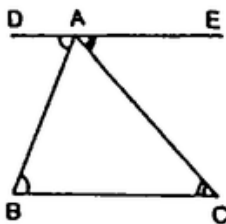
On peut étendre cette propriété à un triangle quelconque ABC (figure ci-dessus à droite) en le décomposant en deux triangles rectangles par la hauteur AD. La somme des angles de chacun des triangles rectangles ABD et ADC est égale à 180° ; soit 360° lorsqu'on les prend ensemble :

$$\widehat{ABD} + \widehat{BDA} + \widehat{DAB} + \widehat{ADC} + \widehat{DCA} + \widehat{CAD} = 360^\circ$$

On sait que $\widehat{BDA}$ et $\widehat{ADC}$ sont égaux chacun à 90° ; soit 180° pour leur somme, ce qui signifie que :

$$\widehat{ABD} + \widehat{DAB} + \widehat{DCA} + \widehat{CAD} = 360^\circ - 180^\circ = 180^\circ$$

Comme $\widehat{DAB} + \widehat{CAD} = \widehat{BAC}$, on a la somme des angles du triangle quelconque ABC égale à $\widehat{ABD} + \widehat{BAC} + \widehat{DCA} = 180^\circ$.



La démonstration attribuée aux Pythagoriciens fait appel aux propriétés des parallèles (qui devaient donc être déjà connues). En A on trace la parallèle DE à la base BC du triangle quelconque ABC. Les angles alternés que forment les parallèles BC et DE avec les sécantes AB et AC sont égaux deux à deux :

$$\widehat{DAB} = \widehat{ABC} \quad \text{et} \quad \widehat{EAC} = \widehat{ACB}$$

Comme $\widehat{DAB} + \widehat{BAC} + \widehat{EAC} = 180^\circ$ par construction, la somme des angles du triangle ABC est $\widehat{ABC} + \widehat{BAC} + \widehat{ACB} = \widehat{DAB} + \widehat{BAC} + \widehat{EAC} = 180^\circ$.

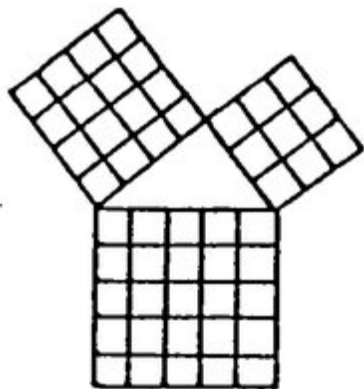
En relation avec cette question de la valeur de la somme des angles des polygones, on attribue aussi aux Pythagoriciens la découverte qu'autour d'un point on ne peut disposer de polygones réguliers que 6 triangles équilatéraux, 4 carrés, ou 3 hexagones ; connaissance qui permet une première approche de la question de la construction et du nombre des polyèdres réguliers (voir ci-après).

Venons-en maintenant au théorème dit « de Pythagore », selon lequel, dans un triangle rectangle, le carré de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des côtés de l'angle droit. Avant de parler des démonstrations géométriques de ce théorème, signalons que la propriété arithmétique qui veut que la somme des nombres impairs successifs soit un carré, permet de construire facilement des « nombres pythagoriciens », qui sont la somme de deux autres carrés (et donc dans le même rapport que l'hypoténuse et les côtés de l'angle droit dans le triangle rectangle). Il suffit en effet de choisir un carré impair et de l'ajouter à la somme des nombres impairs qui le précèdent, somme qui est elle-même un carré ; on obtient alors un nouveau nombre carré qui est la somme des deux autres. Par exemple, 25 est un nombre carré impair ; la somme des impairs qui le précèdent est $1+3+5+\dots+21+23 = 144$, qui est un carré (12^2) car c'est une somme des nombres impairs successifs ; en ajoutant 25 à 144 on réalise la somme

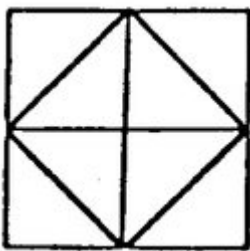
$1+3+5+\dots +21+23+25 = 169$, qui est aussi un carré (13^2) car c'est aussi une somme des nombres impairs successifs ; on a donc $25+144 = 169 = 5^2+12^2 = 13^2$.

Il existe différentes « démonstrations » du théorème de Pythagore, plus ou moins intuitives, plus ou moins « scientifiques ». Cela va de la méthode « des petits carreaux » jusqu'à celle d'Euclide, en passant par le cas particulier de la diagonale du carré (une tradition veut que le théorème ait été inspiré à Pythagore par un carrelage égyptien composé de triangles rectangles isocèles, formant deux à deux ou quatre à quatre des carrés – le carré formé de deux triangles étant la moitié de celui formé de quatre). Les différentes « démonstrations » sont explicitées dans l'encadré 136.

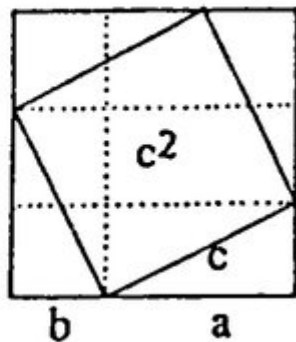
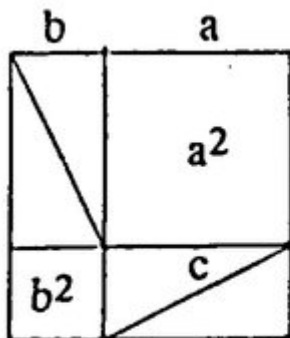
136. LES DÉMONSTRATIONS DU THÉORÈME DE PYTHAGORE



La démonstration dite « des petits carreaux » se passe de commentaires ; il suffit de compter le nombre de petits carreaux contenus dans les carrés construits sur l'hypoténuse et les côtés de l'angle droit. Elle mérite peu le nom de démonstration.



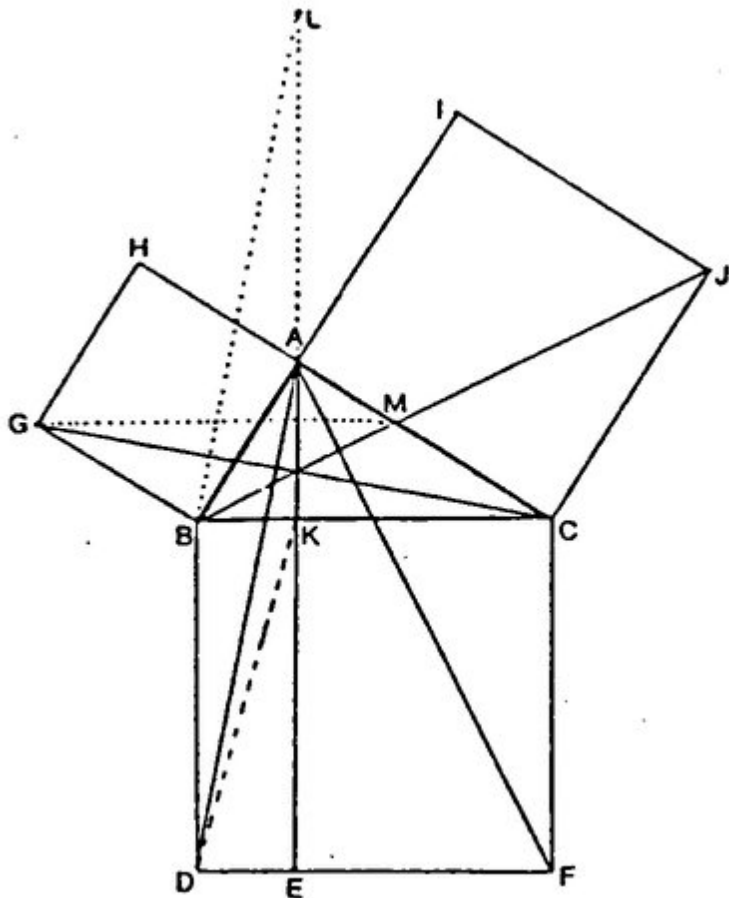
Le pavage égyptien illustre le cas particulier du triangle rectangle isocèle (diagonale du carré). On voit bien sur la figure que le grand carré a une surface double de celle du petit. En posant les côtés de l'angle droit égaux à a , et l'hypoténuse égale à d , on a $d^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$, soit la surface du carré de côté d égale à deux fois la surface du carré de côté a .



La méthode illustrée par les figures ci-dessus est un peu plus sophistiquée que les précédentes et ressemble un peu plus à une démonstration. On trace un carré de côté $(a+b)$; on montre sans difficulté que sa surface $(a+b)^2$ est égale à la somme de celles des carrés de côtés a (soit a^2) et b (soit b^2) et de celles de deux rectangles ab et ba . La diagonale de ces rectangles est appelée c . On remanie la figure, de telle sorte qu'on obtienne un carré de côté c ; les quatre triangles rectangles qui l'entourent au sein du carré de côté $(a+b)$ ont ensemble une surface égale à celle de la somme des deux rectangles ab et ba de la figure précédente. Il s'ensuit que la surface du carré de côté c , soit c^2 , est égale à celle du carré de côté $(a+b)$, soit $(a+b)^2$, moins celle des deux rectangles, soit $2ab$. On a donc :

$$c^2 = (a+b)^2 - 2ab = (a^2 + 2ab + b^2) - 2ab = a^2 + b^2$$

Le carré de l'hypoténuse de chacun des triangles rectangles est bien égal à la somme des carrés des côtés de leur angle droit. On remarquera qu'en posant $a = b$ dans cette figure, on retrouve le même dessin que dans le « pavage égyptien », en traçant les diagonales du carré.



Voici enfin la démonstration donnée par Euclide dans ses *Éléments*.

Soit le triangle rectangle ABC. On construit les carrés BCDE, ABGH et ACIJ sur chacun de ses côtés. On trace AE parallèle à BD, et BL la parallèle égale à AD.

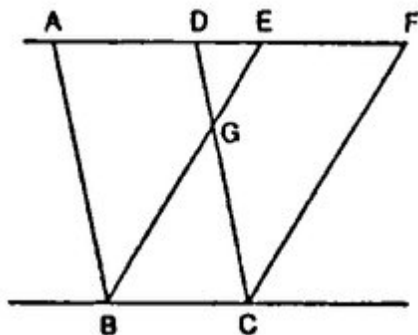
Les triangles BGC et BAD sont égaux (ils ont un angle égal compris entre deux côtés égaux chacun à chacun : $GB = AB$ et

Le triangle BAD est égal à la moitié du parallélogramme BDAL qui est lui-même égal en surface au rectangle BDEK (d'après la proposition 35 du Livre I des *Éléments* d'Euclide, qui dit que les parallélogrammes construits sur la même base et entre les mêmes parallèles sont égaux entre eux, voir ci-dessous). Le triangle GBC, qui est égal à BAD, est donc aussi égal à la moitié de BDEK.

Si on construit GM, parallèle et égal à BC, on voit que ce triangle GBC est la moitié du parallélogramme BCMG, qui est lui-même égal au carré ABGH (d'après la prop. 35 du Livre I d'Euclide : BCMG et ABGH ont la même base GB et sont construits entre les mêmes parallèles GB et HC). Puisque le carré ABGH est égal à deux fois le triangle BGC, qui est égal au triangle BAD qui est égal à la moitié du rectangle BDEK, on en conclut que le carré ABGH est égal au rectangle BDEK.

On démontre de la même manière que le carré ACIJ est égal au rectangle CKEF.

Le carré BCFD est égal à la somme des rectangles BDEK et CKEF ; il est donc égal à la somme des carrés ABGH et ACJI ; ce qui est le théorème de Pythagore.



La proposition 35 du Livre I des *Éléments* d'Euclide dit que les parallélogrammes construits sur la même base et entre les mêmes parallèles sont égaux entre eux. Ce qui se démontre comme il suit.

Soient les parallélogrammes ABCD et EBCF. Par définition, $AD = BC$ et $BC = EF$, par conséquent $AD = EF$, et donc $AE = DF$.

D'autre part, $AB = DC$ et $BE = CF$.

Les triangles AEB et DFC sont égaux (car ils ont leurs côtés respectivement égaux entre eux).

Si l'on retranche de ces triangles le petit triangle commun DEG, les deux trapèzes restants EGCF et ABGD sont égaux. En ajoutant à chacun d'eux le triangle commun BGC, on obtient l'égalité des parallélogrammes ABCD et EBCF (qui ont la base BC commune et qui sont construits entre les mêmes parallèles BC et AF).

Le contenu de ce théorème de Pythagore était connu des Mésopotamiens dès 1500 av. J.-C. ; peut-être a-t-il été connu en Égypte également ; il est possible qu'il ait été importé en Grèce à l'époque de Pythagore (et peut-être par celui-ci). Le principal intérêt n'est cependant pas la connaissance pratique de ce théorème, mais plutôt sa formulation dans toute sa généralité et sa démonstration ; ce sont celles-ci qui reviennent à Pythagore, ou à l'un des premiers Pythagoriciens, selon l'avis général ; mais il est difficile de préciser les termes mêmes de cette formulation et de cette démonstration.

La méthode des petits carreaux n'est pas vraiment une démonstration ; elle peut cependant être rapprochée de la figuration pythagoricienne des nombres. Le cas particulier de la diagonale du carré a déjà été rencontré en Mésopotamie (encadré 34, tome 1) ; elle correspondrait aussi à un motif de pavage égyptien ; il est tout à fait possible qu'elle ait été prise en considération par Pythagore. La

Les Pythagoriciens savaient également – et cela sans doute dès les premiers temps – comment on construit sur un segment de droite donné une figure (rectangle ou parallélogramme) de surface égale à celle d'une autre figure donnée (rectangle ou parallélogramme), cela à la règle et au compas. Cette méthode est exposée dans l'encadré 137. L'un de ses intérêts est de permettre une comparaison simple de la surface de figures différentes (s'il s'agit de deux rectangles à comparer, on les ramène à deux autres rectangles construits sur le même segment donné, le rapport de leurs surfaces est alors égal au rapport de leurs côtés autres que ce segment donné ; s'il s'agit de polygones quelconques, on peut toujours les ramener à des sommes de triangles, chacun de ces triangles à un rectangle – dont les côtés sont respectivement la hauteur et la demi-base du triangle – , et on ramène ces rectangles à des rectangles construits sur un même segment donné).

On prolonge le côté AD du rectangle du segment DE égal au segment

donné. La droite EC coupe la droite AB en F. On construit le rectangle AEF G.

Les triangles AEF et EFG sont égaux (la diagonale du rectangle divise celui-ci en deux parties égales). Pour la même raison, les triangles CBF et CIF sont égaux, ainsi que DCE et CEH. Il s'ensuit que les rectangles ABCD et CIGH ont des surfaces égales (car ils sont les résultats de deux soustractions dont les termes sont égaux deux à deux) :

$$ABCD = AEF - CBF - DCE$$

$$CIGH = EFG - CIF - CEH$$

Le rectangle CIGH est donc la figure que l'on cherchait à construire : un rectangle égal à ABCD et ayant le segment donné DE comme l'un de ses côtés (il est évident que CH et GI sont égaux à DE).

Les Pythagoriciens appelaient cette construction d'une figure égale à une autre sur un segment de droite donné « faire la parabole » de cette figure. Lorsqu'ils construisaient une figure plus grande que la figure donnée, ils en faisaient l'« hyperbole » ; une figure plus petite l'« ellipse » (ce n'est que plus tard que ces noms de parabole, hyperbole et ellipse passeront aux coniques, telles que nous les connaissons aujourd'hui).

Une telle construction géométrique revient à la résolution géométrique d'une équation. Le cas le plus simple étant celui de la parabole où, si S et p sont respectivement la surface et le segment donnés, il faut trouver x tel que $S = px$. L'équation variera selon qu'on a affaire à une hyperbole ou une ellipse, selon la figure, selon les contraintes que l'on introduit, etc. On retrouve ici les relations entre la géométrie et l'arithmétique (une forme un peu plus compliquée le montre bien : par exemple, la construction d'un carré égal à un rectangle donné – ici, il ne s'agit pas vraiment d'une application puisqu'on ne donne pas un segment devant servir de côté à la figure à construire –, le problème se résout par la construction de la moyenne géométrique entre les deux côtés du rectangle, moyenne qui sera le côté du carré – voir l'encadré 128 pour la construction d'une moyenne géométrique ; un tel problème correspond à la résolution géométrique d'une équation du second degré $x^2 - ab = 0$, où x est le côté du carré à trouver et a et b les côtés du rectangle donné).

On a déjà évoqué, dans la partie consacrée à l'arithmétique, des problèmes tels que la duplication du carré, ou celle du cube, et on a dit comment ils étaient résolus, par des méthodes combinant l'arithmétique et la géométrie. Aussi n'y reviendrons-nous pas ici ; notons simplement qu'ils sont apparentés à la question de l'application des aires en ce qu'il s'agit de construire des figures qui sont dans un rapport donné, de forme ou de dimensions, avec une figure donnée, et qu'ils sont à la fois arithmétiques (voire algébriques) et géométriques (comme l'application des aires).

Outre le triangle, le carré, le rectangle et autres polygones, le cercle a été l'objet de nombreuses études chez les Pythagoriciens. Pour une géométrie primitive, le cercle est un objet compliqué ; le calcul de sa circonférence et de sa surface pose

de grands problèmes (beaucoup plus grands que ceux qui ont trait aux polygones inscrits et à leurs propriétés, souvent fondées sur la constance de la distance d'un point de la circonférence au centre, le rayon). On ne s'étonnera donc pas que l'on ait cherché dès les premiers temps à ramener le cercle à un polygone, spécialement à un carré, par une construction purement géométrique (la règle et le compas). C'est le problème de la quadrature du cercle.

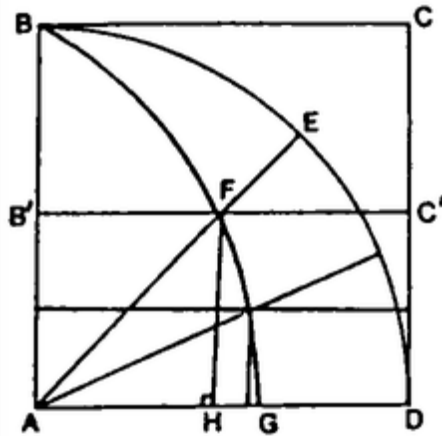
Les Égyptiens utilisaient une quadrature approchée pour calculer la surface du cercle : celle-ci était supposée égale à celle d'un carré dont le côté était de $\frac{8}{9}$ du diamètre du cercle. Les Mésopotamiens étaient encore plus approximatifs, puisque leurs méthodes de calcul de la circonférence et de la surface du cercle reviennent à donner à π la valeur de 3. Les Grecs usèrent d'une approche différente.

Antiphon le Sophiste, qui vivait au v^{e} siècle av. J.-C., tenta d'assimiler le cercle à un polygone régulier ; pour cela il utilisa les propriétés d'inscription de ces polygones. Il partit du triangle équilatéral. Puis, multipliant par deux le nombre des côtés, passa à l'hexagone ; puis au dodécagone (12 côtés) ; et ainsi de suite. Il pensait parvenir, en répétant suffisamment cette opération, à un polygone assimilable au cercle (en fait ce polygone aurait alors un nombre infini de côtés, les autres polygones étant des approximations d'autant meilleures que le nombre de côtés est grand). Bryson d'Héraclée poursuivit dans cette voie, à la fin du v^{e} siècle av. J.-C. Il utilisa à la fois les polygones inscrits et les polygones circonscrits, considérant que le cercle était égal à la moyenne entre les polygones inscrit et circonscrit de même nombre de côtés (par exemple, la moyenne entre le dodécagone inscrit et le dodécagone circonscrit). Aussi rudimentaires soient-elles, ces deux méthodes préfigurent les travaux qui permettront, cent cinquante ans plus tard, à Archimède d'évaluer π par un polygone de 96 côtés.

Toujours à la fin du v^{e} siècle, Hippias d'Elis inventa une courbe destinée à résoudre la quadrature du cercle ; elle est appelée la quadratrice. À vrai dire, cette courbe (qui sert aussi à la trisection des angles, voir encadré 138) est censée permettre, dans un premier temps, de tracer un cercle dont la circonférence est égale au périmètre d'un carré ; la quadrature de ce cercle (c'est-à-dire la découverte du carré dont la surface est égale à celle du cercle) nécessite une seconde étape qu'Hippias n'a peut-être pas su découvrir (elle met en jeu une propriété du cercle qui passe pour avoir été découverte par Archimède). L'encadré 138 présente la manière dont on trace cette courbe, comment à partir d'elle on peut tracer un cercle de circonférence égale au périmètre d'un carré donné, et enfin les critiques suscitées par ces constructions (qui sont quelque peu « sophistiques » – notons à ce propos qu'Hippias est un Sophiste, comme Antiphon et Bryson, plutôt qu'un Pythagoricien – voir le chapitre suivant pour ce qui touche aux Sophistes). Il est très probable que l'ensemble des constructions et démonstrations n'est pas dû au seul Hippias. Il lui reviendrait la construction de la quadratrice et la découverte intuitive qu'elle ouvre une possibilité pour la quadrature du cercle.

138. LA QUADRATRICE

(Réf. : Heath)



Soit le carré ABCD. On imagine que le côté BC descend avec une vitesse uniforme de telle sorte que B vienne en A et C en D. Dans le même temps, le côté AB pivote autour de A, de telle sorte que B vienne en D après avoir décrit un quart de cercle. La vitesse de ce mouvement est telle que B parvienne en D en même temps que C y parvienne (B parcourt le quart de cercle BD dans le même laps de temps que C parcourt le côté CD – et B, le côté BA).

Lors de ces mouvements, le rayon AB et le côté BC se coupent en un point F qui décrit une certaine courbe ; cette courbe est la quadratrice. Elle part de B et coupe le côté AD en G.

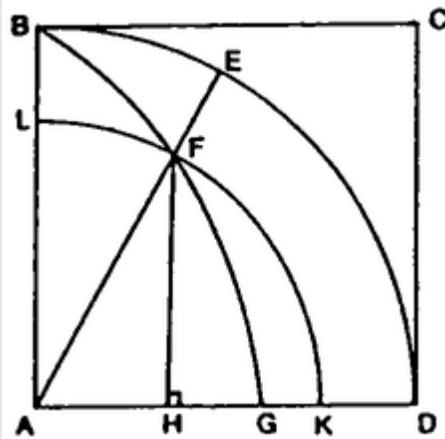
Du fait de l'uniformité des vitesses de AB et BC, on conçoit les égalités suivantes, pour tout point F de la quadratrice (l'expression « arc BED » se comprend comme la longueur de l'arc de cercle BED, et non comme sa mesure angulaire) :

$$\frac{\text{angle BAD}}{\text{angle EAD}} = \frac{\text{arc BED}}{\text{arc ED}} = \frac{AB}{FH}$$

On démontre par l'absurde l'égalité suivante :

$$: \frac{\text{arc BED}}{AB} = \frac{AB}{AG}$$

En effet, si ces deux rapports ne sont pas égaux, le premier est égal à un rapport AB/AK, tel que AK est soit supérieur, soit inférieur à AG.



Supposons que AK est supérieur à AG et traçons le cercle de centre A et de rayon AK. Ce cercle coupe la quadratrice en F et AB en L. AF coupe le cercle de centre A et de rayon AB en E. On trace FH, perpendiculaire à AD.

On a supposé l'égalité des rapports ci-dessus évoqués, soit :

$$\frac{\text{arc BED}}{AB} = \frac{AB}{AK}$$

Comme la circonférence du cercle (et donc le quart de sa circonférence) est proportionnelle à son rayon, il s'ensuit que le rapport du quart de cercle BED à son rayon AB est égal à celui du quart de cercle LFK à son rayon AK :

$$\frac{\text{arc BED}}{AB} = \frac{\text{arc LFK}}{AK}$$

Ce qui, comparé à l'égalité précédente, permet de conclure que AB est égal à l'arc LFK.

La propriété de la quadratrice veut que :

$$\frac{AB}{FH} = \frac{\text{arc BED}}{\text{arc ED}} = \frac{\text{arc LFK}}{\text{arc FK}}$$

Comme on a vu ci-dessus que $AB = \text{arc LFK}$, il s'ensuit que l'arc FK doit être égal à FH ; ce qui est impossible. Donc, AK ne peut pas être supérieur à AG.

On démontre exactement de la même manière que AK ne peut pas être inférieur à AG.

Il s'ensuit donc que AK ne peut qu'être égal à AG ; on a donc bien l'égalité suivante :

$$\frac{\text{arc BED}}{AB} = \frac{AB}{AG}$$

Ce qui signifie que le quart de cercle BED est avec son rayon dans le même rapport que AB est avec AG ; soit que AG est le rayon d'un cercle dont le quart de la circonférence est égal à AB ; ou encore que le cercle de centre A et de rayon AG a une circonférence égale au périmètre du carré ABCD (soit 4 AB).

Pour la quadrature du cercle proprement dite, c'est-à-dire l'obtention d'un carré dont la surface soit égale à celle du cercle, il faut utiliser la propriété voulant que la surface d'un cercle est égale à celle d'un triangle rectangle dont les deux côtés de l'angle droit sont respectivement égaux au rayon et à la circonférence. La surface du cercle de centre A et de rayon AG est donc égale à celle d'un triangle rectangle dont les côtés de l'angle droit sont AG et 4AB, soit la surface d'un rectangle de longueur 2AB et de largeur AG ; rectangle qu'on sait ramener à un carré de surface égale par la méthode de la moyenne géométrique (le côté du carré est la moyenne géométrique de la longueur et de la largeur du rectangle). L'égalité de la surface du cercle et de celle d'un triangle rectangle figure dans les travaux d'Archimède sur le cercle ; mais elle a peut-être été connue avant ceux-ci, sinon d'Hippias, du moins de mathématiciens du IV^e siècle av. J.-C.

Deux objections se sont élevées contre cette méthode de la quadratrice. dès l'Antiquité. Tout d'abord, la construction de la courbe elle-même nécessite que la vitesse linéaire de B sur le quart de cercle BED et celle de C sur le côté CD soient dans le rapport que l'on cherche justement à établir (car la longueur de cet arc de cercle et celle de son rayon sont parcourues dans le même laps de temps, donc à des vitesses linéaires qui sont dans le même rapport que ces longueurs, rapport faisant intervenir n) ; la construction de la courbe présuppose donc la connaissance de ce qu'on veut obtenir. La deuxième objection est que lorsque B arrive en D après avoir parcouru son quart de cercle, et C en D après avoir parcouru son côté CD, les segments AB et BC sont confondus en AD ; ils ne se coupent donc pas en un point G (c'est-à-dire que la quadratrice « n'existe pas » en ce point G).

On peut « lever » partiellement ces objections en adoptant la méthode suivante pour obtenir le point G : on trace la bissectrice de l'angle BAD et la ligne B'C' telle que B' est au centre de BA et C' au centre de CD ; elles se coupent en un point F ; on trace FH perpendiculaire à AD (H étant sur AD) ; on recommence l'opération en divisant l'angle FAD en deux et en traçant la ligne B''C'', avec B'' au milieu de AB' et C'' au milieu de DC' ; on obtient un nouveau point F et un nouveau point H ; et ainsi de suite à l'infini. H se rapproche sans cesse de G sans jamais l'atteindre, si ce n'est après la répétition

de l'opération un nombre infini de fois. La quadrature n'est évidemment pas réalisée, mais elle est approchée par une méthode purement géométrique.

Remarquer qu'en portant sur la droite FH les points I et I' tels que FI = II' = I'H, et les points J et J' sur la quadratrice, avec IJ et I'J' parallèles à AD, on partage l'angle en trois angles égaux, Cette trisection de l'angle est également attribuée à Hippias ; on peut l'étendre à toute division de l'angle ; elle provient directement du mode de construction de la quadratrice.

Si Hippias poursuivait une chimère et pouvait tout au plus obtenir, avec sa courbe, une approximation de la quadrature du cercle, Hippocrate de Chio (ve siècle av. J.-C.) démontra bien, lui, la quadrature des lunules (ou, du moins, de certaines d'entre elles). Une lunule est une figure dessinée par deux arcs de cercles, de centres et de rayons différents, dont les concavités sont tournées du même côté (soit la figure que présente la Lune lors de ses premier et dernier quartiers). On peut montrer que les lunules sont « carrables » (c'est-à-dire que leur surface peut être ramenée à celle d'un carré – Hippocrate la ramenait à celle d'un triangle, mais on peut ensuite passer du triangle au carré) seulement dans certaines conditions, à savoir pour les solutions de l'équation $(\sin x) \sqrt{m} = \sin mx$, avec $2x$ et $2mx$ les mesures angulaires des arcs respectivement intérieur et extérieur de la lunule ; équation qui n'admet de solutions que pour les valeurs de $m = 2, 3, 3/2, 5$ et $5/3$. Ce qu'Hippocrate de Chio ignorait. Il parvint à carrer les lunules dans les cas où m est égal à 2, 3 et $3/2$ (ce qui correspond à des valeurs de x et mx de, respectivement, 45° et 90° , $34^\circ 15'$ et $102^\circ 45'$ environ, $53^\circ 30'$ et $80^\circ 15'$ environ). On doit supposer qu'il tomba par hasard sur ces trois cas, où la quadrature est possible. Sa démonstration est explicitée pour le cas où $m = 2$, $2x = 90^\circ$ et $2mx = 180^\circ$, dans l'encadré 139.

Il généralisa de manière abusive en considérant que le premier cas est représentatif des lunules dont l'arc extérieur est égal au demi-cercle, le second de celles dont l'arc extérieur est supérieur au demi-cercle, le troisième de celles dont l'arc extérieur est inférieur au demi-cercle (alors que ce ne sont que des cas particuliers où les lunules sont carrables). À partir de quoi, il pensa avoir montré, par la combinaison géométrique de ces lunules, que le cercle lui-même pouvait être « carré ». Cette erreur ne doit cependant pas masquer l'habileté de la démarche par laquelle il parvint à la quadrature de certaines lunules.

139. LA QUADRATURE DES LUNULES

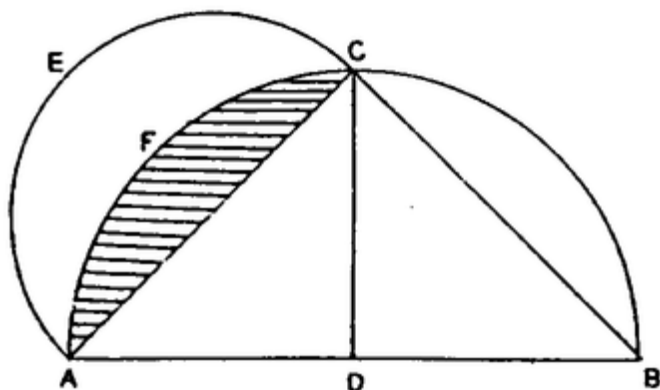
(Réf. : Caveing. Heath)

Méthode rapportée par Alexandre d'Aphrodisias

Méthode rapportée par Eudème de Rhodes

La méthode utilisée par Hippocrate de Chio pour « carrer » les lunules est rapportée, sous deux formes légèrement différentes, par Alexandre d'Aphrodisias et Eudème de Rhodes. Ce dernier évoque les 3 cas traités par Hippocrate, Alexandre n'abordant que le premier. Tous deux décrivent ensuite une extrapolation au cas du cercle entier, assez grossière chez Alexandre, plus complexe chez Eudème. En raison de la longueur (et souvent de la complexité) de ces « démonstrations », nous indiquerons seulement ici les méthodes rapportées par Alexandre et Eudème pour traiter le premier cas de lunules, puis, brièvement, la manière dont la méthode rapportée par Eudème est étendue aux 2^e et 3^e cas. Pour plus de détails, on peut se reporter à Caveing et Heath.

Soit le demi-cercle ACB de centre D et de diamètre AB. AC et CB sont les côtés du demi-carré inscrit dans ce demi-cercle.



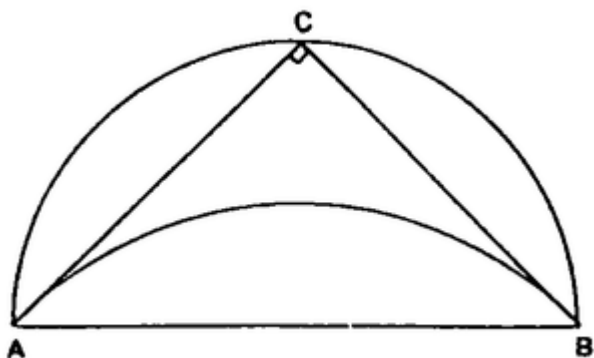
$AB^2 = 2AC^2$, d'après le théorème de Pythagore appliqué au triangle rectangle ACD (où $AC = CD$).

La démonstration utilise ensuite la propriété selon laquelle les surfaces de deux cercles sont l'une à l'autre ce que sont l'un à l'autre les carrés de leurs diamètres, propriété que l'on doit supposer connue d'Hippocrate de Chio. Cette propriété s'applique évidemment aux demi-cercles : le demi-cercle de rayon AB a donc une surface double de celle du demi-cercle de rayon AC, puisque leurs diamètres sont dans le rapport $AB^2 = 2AC^2$.

D'autre part le demi-cercle ACB est égal à 2 quarts de cercle ACD. Le demi-cercle de rayon AC est donc égal au quart de cercle ACD. Si l'on soustrait de chacun d'eux la partie commune qu'est le segment de cercle AFC (hachuré sur la figure), on voit que la lunule AECF a une surface égale à celle du triangle ACD (que l'on ramène facilement à un carré).

Soit le demi-cercle ACB, et le demi-carré inscrit ACB, comme précédemment. On trace l'arc de cercle intérieur de corde AB, tel qu'en

mesure angulaire cet arc soit égal à chacun des arcs AC et CB (c'est-à-dire qu'en mesure angulaire cet arc est égal à 90°). On notera que la lunule ainsi obtenue est semblable à la lunule AECF de la figure précédente.



La démonstration utilise alors la propriété voulant que les segments de cercle (c'est-à-dire les surfaces comprises entre l'arc et sa corde) qui sont semblables (c'est-à-dire dont les arcs sont égaux en mesure angulaire – et non linéairement) sont entre eux dans le même rapport que les carrés de leurs cordes. Cette propriété devait donc être connue d'Hippocrate de Chio ; peut-être ne la démontrait-il pas : elle se comprend de manière intuitive assez simplement en combinant la proportionnalité de la surface du cercle au carré de son diamètre et la proportionnalité de la circonférence à ce diamètre.

Le segment de cercle de corde AB est semblable à chacun des segments de cercle de cordes AC et CB (ils font tous 90° en mesure angulaire, par construction).

Comme $AB^2 = AC^2 + CB^2 = 2 AC^2$, il s'ensuit que le segment de cercle délimité par l'arc intérieur et la corde AB est égal à la somme des segments de cercle de cordes AC et CB.

La lunule est égale au demi-cercle de diamètre AB moins le segment de cercle de corde AB. Le triangle ACB est égal au demi-cercle de diamètre AB moins les deux segments de cercle de cordes AC et CB. La lunule est donc égale au triangle ACB (que l'on ramène facilement à un carré).

Cette dernière méthode est ensuite appliquée dans des figures où la corde du segment de cercle limité par ailleurs par l'arc intérieur de la lunule est telle que son carré est égal à la somme des carrés de 3 cordes délimitant des segments de cercle égaux dont les arcs sont chacun un tiers de l'arc de cercle extérieur de la lunule. Puis où ces cordes sont telles que leurs carrés sont dans le rapport $2/3$. La principale difficulté est de construire ces figures (d'autant qu'Hippocrate ne savait pas qu'elles sont des cas particuliers où les lunules sont « carrables »).

La multitude et la diversité de ces tentatives de « carrer » le cercle (Antiphon, Bryson, Hippias, Hippocrate de Chio) montrent bien que ce fut là un des grands thèmes de la géométrie grecque présocratique (thème qui se prolongea bien après la fin du ^{ve} siècle, en fait). L'aspect un peu chimérique que peut avoir une telle préoccupation n'empêche pas qu'elle fut l'occasion d'un progrès important dans la géométrie, par ces incitations à explorer de nouvelles voies. On remarquera également qu'une telle préoccupation concorde bien avec des questions comme l'application des aires (construire une figure égale à une autre, ici un carré égal à un cercle), avec l'incommensurabilité et les proportions (liées elles-mêmes à l'application des aires), c'est-à-dire avec l'ensemble cohérent de la mathématique pythagoricienne.

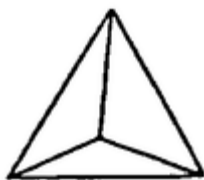
Le dernier thème de la géométrie pythagoricienne que nous évoquerons est celui des solides (ou polyèdres) réguliers et inscriptibles. Il n'existe que 5 polyèdres de cette qualité : le tétraèdre (4 faces triangulaires équilatérales), le cube (6 faces carrées), l'octaèdre (8 faces triangulaires équilatérales), le dodécaèdre (12 faces pentagonales) et l'icosaèdre (20 faces triangulaires équilatérales) – voir l'encadré 140. On va brièvement esquisser l'approche (sans doute intuitive au début) qui en a été faite.

Il est très probable que ces polyèdres et leurs constructions ont été connus assez tôt. Vraisemblablement de la manière suivante. Les Pythagoriciens avaient remarqué que, dans un plan, un point ne peut être entouré de polygones réguliers que de 6 triangles équilatéraux, 4 carrés ou 3 hexagones. Comme un sommet d'un polyèdre est l'intersection d'au moins 3 polygones, il s'ensuit que, premièrement, les hexagones sont éliminés car 3 hexagones autour d'un point forment un plan et non un sommet, deuxièmement un sommet ne peut être entouré que de 3 carrés (car 4 forment un plan), troisièmement un sommet peut être entouré de 3, 4 ou 5 triangles équilatéraux (car 6 forment un plan). Ce qui correspond au cube (3 carrés entourent un sommet), au tétraèdre (3 triangles entourent un sommet), à l'octaèdre (4 triangles entourent un sommet) et à l'icosaèdre (5 triangles entourent un sommet) – il fallait évidemment combiner ces sommets entre eux pour obtenir les polyèdres, et constater de la sorte que le cube n'admet que 8 sommets, le tétraèdre 4, l'octaèdre 6 et l'icosaèdre 12.

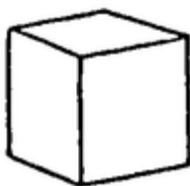
Il reste le cas du dodécaèdre, ses 12 pentagones et ses 20 sommets. En général, il occupe une position particulière dans la littérature (par exemple, une tradition veut que ce soit parce qu'il avait révélé l'inscriptibilité ou la construction du dodécaèdre qu'Hippasos ait péri, ou encore dans le *Timée* – qui est d'inspiration pythagoricienne – Platon assimile les quatre éléments – feu, air, eau, terre – à quatre des polyèdres réguliers en réservant un rôle différent au dodécaèdre). Ce qu'on peut comprendre par le fait que la découverte et la construction du dodécaèdre ont été atteintes d'une manière autre que celle utilisée pour les tétraèdre, cube, octaèdre et icosaèdre. On peut difficilement préciser laquelle ; on remarquera simplement qu'il est très probable que les Pythagoriciens ont su assez tôt construire un pentagone régulier : le signe de reconnaissance des membres de la secte était le pentagramme, qui est une « variation » du pentagone. Comme ils

ont sans doute également connu assez tôt la manière de calculer la somme des angles des polygones réguliers ($2n-4$ angles droits, où n est le nombre de côtés – voir page 159), ils pouvaient calculer la valeur de chacun des angles de ce pentagone, soit $6/5$ d'angle droit = 108° , ce qui permet d'obtenir un sommet avec 3 pentagones ($108 \times 3 = 324^\circ$, inférieur à l'angle plan de 360°) ; la combinaison de ces sommets amenant la construction du dodécaèdre.

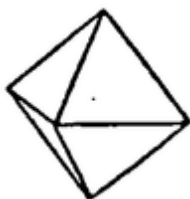
140. LES POLYÈDRES RÉGULIERS INSCRIPTIBLES



tétraèdre



cube



octaèdre



dodécaèdre



icosaèdre

Tout cela, tant pour le dodécaèdre que les quatre autres solides réguliers, est vraisemblablement resté très longtemps « intuitif ». On attribue en général à Théétète (début du IV^e siècle av. J.-C.) les méthodes rigoureuses de construction et de démonstration de l'inscriptibilité (en montrant qu'il existe un point équidistant des sommets) de ces polyèdres. On lui attribue parfois la découverte du dodécaèdre et de l'icosaèdre, mais il est très probable que ceux-ci étaient connus auparavant et qu'il n'a fait que mettre au point les méthodes les concernant (celles relatives au tétraèdre, au cube et l'octaèdre sont plus simples et peut-être déjà esquissées avant Théétète).

Au cours des VI^e et V^e siècles av. J.-C., la géométrie a ainsi fait des progrès considérables, progrès dus selon toute vraisemblance aux Pythagoriciens, ou à des mathématiciens qui s'en sont inspirés. C'est à cette époque qu'est née la géométrie en tant que science autonome et « désintéressée », ayant le souci de la cohérence et de démonstrations rationnelles. On a remarqué ses relations étroites avec l'arithmétique, relations dues sans doute tout d'abord au souci de la mesure, et donc à la mystique numérale cherchant à assimiler toutes choses à un rapport numérique (la mesure d'un segment par rapport à un autre segment est analogue au rapport d'un nombre à l'unité) ; d'où la situation inconfortable amenée par l'incommensurabilité et l'irrationalité. On reviendra sur tout cela en faisant le bilan des mathématiques pythagoriciennes (voir ci-après). Auparavant, l'encadré 141 présente les principaux mathématiciens des VI^e et V^e siècles, connus comme pythagoriciens ou non.

141. MATHÉMATICIENS GRECS DES VI^e ET V^e SIÈCLES

(Réf. : Michel)

La plupart des mathématiciens grecs de l'Antiquité s'ancrent dans la tradition pythagoricienne, mais il y a quelques exceptions. On trouvera dans cet encadré une brève présentation des mathématiciens grecs des VI^e et V^e siècles, pythagoriciens ou non (pour plus de détails, et pour la bibliographie concernant chacun d'eux, voir l'ouvrage de P.H. Michel, *De Pythagore à*

Euclide, qui comprend également ceux des IV^e et III^e siècles). Remarquer qu'en général la mathématique n'était qu'une facette de l'activité de ces penseurs antiques.

Anaxagore de Clazomènes : Philosophe et « physicien » pluraliste du V^e siècle (voir le chapitre V) ; il ne reste rien de son œuvre mathématique, mais il passe pour avoir étudié la quadrature du cercle et les problèmes de perspective (à propos des décors de théâtre).

Anaximandre : Physiologue du VI^e siècle, on lui attribue de manière très hypothétique un traité de géométrie (il ne reste rien qui permette d'en imaginer le contenu). (Voir Ch. II.)

Antiphon le Sophiste : Philosophe sophiste du V^e siècle, il aurait cherché à résoudre le problème de la quadrature du cercle en considérant le dit cercle comme un polygone régulier d'un nombre infini de côtés. (Pour ses autres activités, voir encadré 155, page 286.)

Archytas de Tarente : Philosophe, savant et homme d'État pythagoricien (fin du V^e-début du IV^e siècle). Il reste de lui quelques fragments d'authenticité douteuse. Il aurait divisé les mathématiques pythagoriciennes en 4 genres : l'arithmétique, la géométrie, la musique, l'astronomie (ou « sphérique »). Outre des considérations musicales, on connaît la solution géométrique qu'il aurait donnée au problème des deux moyennes proportionnelles, une méthode d'extraction des racines carrées à l'aide de la proportion babylonienne. Il aurait été le premier à utiliser les principes mathématiques en mécanique. On lui attribue l'invention de la vis à eau, de la poulie et d'une « colombe de bois qui volait mais qui, une fois qu'elle était posée, ne s'élevait plus » (le mécanisme s'arrêtait ? un cerf-volant ?).

Aristée de Crotone : Auditeur et disciple de Pythagore, il aurait été son gendre et son successeur immédiat (début du V^e siècle). On lui attribue l'étude de la proportion musicale (ou babylonienne).

Bryson d'Héraclée (ou Bryson le Sophiste) : Fin du V^e siècle. Il aurait étudié le cercle en considérant simultanément les polygones inscrits et circonscrits, et en supposant que les différences entre le cercle et chacun des deux polygones semblables inscrit et circonscrit sont égales (le cercle est la moyenne entre eux).

Clinias de Tarente : Pythagoricien de la fin du V^e siècle, il divisait les mathématiques pythagoriciennes en une mathématique immobile (arithmétique et géométrie) et une mathématique mobile (musique et astronomie). Il aurait empêché Platon de détruire les ouvrages de Démocrite.

Démocrite d'Abdère : Philosophe et « physicien » de la fin du V^e siècle et du début du IV^e siècle, il est avec Leucippe le père de l'atomisme (voir chapitre V). Il serait l'auteur de nombreux ouvrages mathématiques, tous perdus, traitant, entre autres, de la tangence au cercle et à la sphère, du volume de la pyramide, de celui du cône, des nombres.

Hippasos de Métaponte : Un des premiers disciples de Pythagore (fin VI^e-début V^e siècle). Il aurait été chassé de la secte pythagoricienne pour avoir révélé l'inscription du dodécaèdre dans la sphère, ou l'irrationalité de la racine carrée de 2 (l'enseignement devait rester réservé aux initiés). Il plaçait le feu à l'origine de toutes choses, étant peut-être en cela l'inspirateur d'Héraclite.

Hippias d'Elis : Sophiste de la seconde moitié du V^e siècle. Il ne reste rien de ses écrits ; il passe pour l'inventeur de la quadratrice (courbe censée permettre la quadrature du cercle – encadré 138 page 171). Voir l'encadré 155 page 286 pour d'autres détails.

Hippocrate de Chio : (Ne pas confondre avec le médecin Hippocrate de Cos – voir le chapitre VI.) Mathématicien du V^e siècle, il a sans doute connu la géométrie pythagoricienne. Il a écrit les premiers *Éléments* de mathématiques (c'est-à-dire un regroupement et une classification des connaissances acquises en ce domaine, en un tout unifié), ouvrage dont il ne reste rien. On sait qu'il a travaillé sur la duplication du cube (problème des deux moyennes proportionnelles) et à la géométrie du cercle (quadrature des lunules). On lui attribue l'origine du mot « puissance » pour désigner le « carré » construit sur une droite donnée (il suivait sans doute en cela un usage pythagoricien) ; le terme « puissance » s'est ensuite généralisé (carré, cube, puissance 4). Il s'est également occupé d'astronomie.

Lasos d'Hermione : Poète du VI^e siècle, il aurait écrit le premier traité de musique de l'Antiquité grecque. Il n'était pas pythagoricien, mais on lui attribue l'expérience consistant à plus ou moins remplir de liquide plusieurs vases identiques et à comparer les sons qu'ils rendent quand on les frappe ; c'est ainsi qu'il aurait découvert que « le rapport des espaces vides est pour l'octave celui de 2 à 1, pour la quinte celui de 3 à 2, pour la quarte celui de 4 à 3 ».

Mamercos (ou Mamertinos, ou Ameristos) : Mathématicien mentionné par Proclus comme suivant Thalès. On ne sait rien de lui, hormis son nom.

Cenopide de Chio : Mathématicien et astronome du V^e siècle. On sait peu de choses de son œuvre mathématique. On lui attribue les méthodes de construction d'une perpendiculaire à une droite à partir d'un point pris hors de cette droite, et de celle d'un angle égal à un angle donné à partir d'un point pris sur une droite. Il était par ailleurs astronome et aurait établi un cycle luni-solaire de 59 ans et donné à l'année une longueur de 365 jours et 22/59.

Philolaos : Mathématicien et philosophe pythagoricien de la deuxième moitié du V^e siècle. Il reste de son œuvre quelques fragments d'authenticité douteuse. Outre une astronomie où la Terre n'a plus la place centrale (voir ci-après), il aurait écrit sur la musique et les nombres.

Pythagore : Philosophe, mathématicien et fondateur de secte du VI^e siècle ; on lui attribue, outre une doctrine mystique des nombres et une philosophie les mettant sous toutes choses, le théorème qui porte son nom, peut-être la démonstration de l'irrationalité de la racine carrée de 2, et des

considérations diverses sur les proportions.

Thalès : Philosophe, mathématicien et physiologue de Milet, VI^e siècle. Bien qu'un théorème porte son nom et qu'on lui attribue la découverte de quelques propriétés du cercle et des triangles, il est probable que son apport principal fut l'importation de la mathématique égyptienne et/ou mésopotamienne en Grèce. (Voir le chapitre II.)

Théétète : Mathématicien de la fin du V^e et du début du IV^e siècle. Élève de Platon ou de Socrate, il a peut-être enseigné les mathématiques à l'Académie. Ses travaux ont porté principalement sur les irrationnels et la construction des polyèdres réguliers.

Théodore de Cyrène : Mathématicien et médecin du V^e siècle, de formation pythagoricienne. Il enseigna la géométrie, l'arithmétique, la musique et l'astronomie, et est considéré comme assurant la transition entre le Pythagorisme ancien et l'Académie de Platon. Il aurait démontré l'irrationalité des racines carrées des nombres entiers, autres que les carrés parfaits, jusqu'à 17 (2, 3, 5, ..., 17).

Timée de Locres : Philosophe, mathématicien et astronome du V^e siècle. Son existence est hypothétique ; on ne le connaît guère que par le dialogue de Platon qui porte son nom (et qui, selon la tradition, aurait été écrit d'après des livres pythagoriciens que Philolaos, tombé en pauvreté, aurait vendus à Platon).

Zénon d'Élée : Philosophe éléate du V^e siècle. Célèbre pour quatre apories portant sur les questions de la pluralité et de la divisibilité, sur le continu et l'infinitésimal. (Voir Ch. IV.)

Plutôt qu'une récapitulation des connaissances mathématiques des VI^e et V^e siècles, pythagoriciennes (pour la plupart) ou non, on va essayer de présenter maintenant quelles étaient les conceptions générales sous-tendant ces connaissances.

Nous avons déjà plusieurs fois remarqué que c'est dans la science grecque de cette époque que se manifestent pour la première fois les démonstrations rigoureuses des propriétés mathématiques et l'articulation de ces propriétés en un tout ; nous n'y reviendrons pas ici, si ce n'est pour indiquer que c'est de cette époque que datent les premiers *Éléments* de mathématiques (donc bien avant Euclide), *Éléments* qui sont dus à Hippocrate de Chio, qu'on a déjà évoqué à propos de la duplication du cube et de la quadrature des lunules. Ce qu'on appelle *Éléments* est le rassemblement organisé des connaissances mathématiques déjà établies, auxquelles l'auteur peut évidemment ajouter celles qui lui sont dues en les articulant à celles de ses prédécesseurs. C'est donc bien la manifestation d'une conception des mathématiques comme un ensemble cohérent, organisé de manière rigoureuse (plutôt qu'une juxtaposition de propositions séparées). Il ne reste rien de ces *Éléments* d'Hippocrate de Chio, sans doute parce qu'ils ont été inclus dans les traités postérieurs – celui d'Euclide, notamment –, où ils se sont indifférenciés (soit tels quels, soit remaniés). « Dépassés » par ces traités postérieurs, ils n'avaient plus de raisons d'être conservés dans leur forme originale. Au vu des connaissances requises par les démonstrations attribuées à Hippocrate de Chio, on peut supposer qu'ils contenaient au moins les deux premiers livres des *Éléments* d'Euclide en entier, une grande partie des livres III et IV, une partie du livre VI, et quelques propositions d'autres livres (VIII, XII, XIII).

Nous avons également évoqué le caractère séparé et autonome des mathématiques de cette époque. Il ne s'agit plus de préoccupations pratiques et de calculs appliqués (comme en Mésopotamie et en Égypte) ; les mathématiques sont plus ou moins assimilées à une vérité-pureté transcendante au monde (quoique ici le terme de « transcendance » soit un peu exagéré, comme on va le voir lors de l'étude de la physique pythagoricienne). Cette séparation des mathématiques n'empêche pas que les nombres et les rapports numériques « commandent » aux choses. Tout cela s'intègre dans une mystique numérique.

L'aspect mystique est bien visible dans la manière dont sont perçues les relations entre les nombres et les choses ; il transparaît moins dans la mathématique pure, où la rigueur des constructions et des démonstrations le masque. Cependant, outre le fait que cette rigueur même peut passer pour divine, il ressort dans certaines propositions concernant les nombres et leurs propriétés. Notamment dans la position particulière du nombre 10, appelé la *tétractys*, que les Pythagoriciens considéraient comme le nombre par excellence. Il est la base de la numération, il contient autant de pairs que d'impairs, il est la somme de 1, 2, 3 et 4, nombres à partir desquels on forme la proportion harmonique en musique et qui, en géométrie, représentent les trois dimensions (1 représente le point, 2 la

ligne, 3 le plan et 4 le volume – car 2 points définissent une ligne, 3 points non alignés définissent un plan, et 4 points un volume, s'ils ne sont pas dans le même plan), etc. Nous citons ci-dessous un fragment de Speusippe où tout cela est longuement expliqué (Speusippe est un philosophe du IV^e siècle av. J.-C., neveu de Platon à qui il succéda à la tête de l'Académie, il a la réputation d'avoir été fortement pythagorisant).

Le nombre dix est parfait ; et en droit et par nature, nous revenons toujours à lui, quelle que soit notre manière de compter, que nous soyons grecs ou de toute autre nationalité, que nous le voulions ou non. De nombreux éléments indispensables à la perfection lui appartiennent en propre, à côté de nombreux autres qui, sans lui être propres sont aussi indispensables.

D'abord il se doit d'être un nombre pair, pour contenir un nombre égal de pairs et d'impairs et empêcher un déséquilibre entre eux (en effet, puisque le nombre impair précède toujours le pair, ce n'est que lorsque la série s'achève par un nombre pair qu'on a un nombre égal de pairs et d'impairs). Ensuite, il faut que ce nombre contienne une quantité égale de nombres premiers simples (1, 2, 3, 5, 7) et de nombres seconds composés (4, 6, 8, 9, 10) : c'est bien le cas du nombre 10, qui est d'ailleurs le plus petit nombre dans ce cas – il en existe en effet d'autres, plus grands, comme douze, etc., mais il est le premier de la série. Aussi tire-t-il une perfection de ce qu'il est le premier et plus petit nombre (à renfermer un nombre égal de simples et de composés). D'autre part, il ne se contente pas d'être le premier nombre à contenir autant de nombres simples que de composés ; il renferme aussi, en nombre égal, multiples et sous-multiples dont les multiples sont eux-mêmes multiples. Comme sous-multiples, il renferme en effet les nombres de 1 à 5, et comme multiples de ces sous-multiples les nombres de 6 à 10. Il faut cependant en retrancher le nombre 7 qui n'est le multiple d'aucun nombre ; et comme on doit aussi retrancher le nombre 4 (du premier groupe) parce que c'est un multiple [de 2], on a donc un nombre égal de multiples et de sous-multiples (*c'est-à-dire que 4 est à la fois multiple [de 2] et sous-multiple [de 8], tandis que 1, 2, 3 et 5 sont seulement sous-multiples des multiples que sont 6, 8, 9 et 10 ; 7 n'étant ni multiple, ni sous-multiple ; noter qu'on ne considère pas 2, 3 et 5 comme des multiples de 1*). Par ailleurs, dans le nombre 10 sont contenus tous les rapports : égalité, supériorité, infériorité, superpartialité (*c'est-à-dire "épimore", voir page 146*), etc., ainsi que les nombres linéaires, plans et cubiques. En effet, 1 est le point, 2 la ligne (2 points définissent une ligne), 3 le triangle (3 points non alignés définissent le plan), 4 la pyramide (tétraèdre, 4 points non sur le même plan définissent le volume) ; tous ces nombres viennent en premier et sont les principes des familles numériques à laquelle chacun des suivants appartient. De plus, la première de toutes les progressions mathématiques, c'est bien celle qui se voit ici : le nombre 10 est le dernier terme d'une progression arithmétique où la différence entre un terme et son antécédent est égale (*en fait, 10 est la somme de 1, 2, 3, 4, qu'on peut assimiler à une progression arithmétique ; voir ci-après la musique*).

Dans les surfaces et les volumes, les éléments premiers sont le point, la ligne, le triangle et la pyramide : tous contiennent en eux le nombre 10 et lui doivent leur perfection. Pour la pyramide, le nombre 4 domine dans les angles et dans les faces, le nombre 6 dans les arêtes, ce qui donne dix (*le tétraèdre a 4 faces, 4 sommets et 6 arêtes*). [Pour le triangle], le nombre 4 domine dans les intervalles et dans les limites du point et de la ligne (*on construit le triangle avec une ligne, un point extérieur à celle-ci, et les deux segments qui relient ce point à deux points pris sur la ligne, soit 4 éléments*), le nombre 6 dans les côtés et les angles du triangle (3 angles + 3 côtés), ce qui donne de nouveau dix. »

(Ce fragment, rapporté par le Pseudo-Jamblique dans les « Théologoumènes arithmétiques », se poursuit de la même manière, avec l'étude de différents triangles et différents volumes.)

On voit d'après ce long fragment que les Pythagoriciens, s'ils étaient mathématiciens, n'avaient pas peur des raisonnements « mystico-analogiques ». Il est vrai que ce n'étaient peut-être pas les mêmes qui tenaient les deux discours ; encore que l'astronomie attribuée à Philolaos n'hésite pas à inventer un nouvel astre, l'Anti-Terre, afin de respecter ce nombre 10 dans les corps célestes (voir ci-après). D'après Proclus, ce même Philolaos consacrait à des dieux les angles des polygones ; ainsi l'angle du triangle est l'angle soit de Cronos, soit de Hadès, soit d'Arès, soit de Dionysos (peut-être en fonction de la valeur de cet angle, mais aussi de préoccupations astronomiques, Philolaos utilisant les polygones dans son astronomie – voir ci-après) ; l'angle du carré (90°) est celui de Rhéa, Déméter ou Hestia ; l'angle du dodécagone (150°) revient à Zeus, etc. (comparer aux nombres divinisés des Mésopotamiens). À côté des propriétés mathématiques rigoureusement démontrées, il existait donc des « propriétés mathématiques » qui relevaient de la pure mystique, non démontrées et inventées afin de consolider une proposition mystique (la perfection de 10). Ces relations mystiques entre les nombres, les figures géométriques, etc. sont l'autre face de la mathématique pythagoricienne ; on peut les rapprocher de la qualification de certains nombres par les termes de « parfaits », « amis », etc. (même si ces qualificatifs renvoient à des propriétés mathématiques, ils ne sont pas sans évoquer une sorte de personnalisation des nombres).

Les relations de l'arithmétique et de la géométrie, relations qui ne sont pas mystiques (comme celles citées ci-dessus) mais bel et bien mathématiques, nous semblent aujourd'hui toutes naturelles. Elles sont pourtant révélatrices des préoccupations des Pythagoriciens, et ne sont finalement pas sans liens avec la mystique des nombres (tout en restant parfaitement rationnelles). La plupart des connaissances géométriques pythagoriciennes sont la traduction directe de problèmes arithmétiques analogues, essentiellement ceux des proportions. L'application des aires, la quadrature du cercle, la duplication du cube et même le théorème de Pythagore sont d'abord des problèmes de proportions. On peut même dire qu'ils sont les applications à la géométrie de certains rapports numériques. Pour les Pythagoriciens, les nombres et leurs rapports gouvernent les choses ; la géométrie en est la mise en évidence pour ce qui concerne l'espace.

Contrairement aux nombres et à leurs propriétés (les objets de l'arithmétique), les différentes figures géométriques et leurs propriétés (les objets de la géométrie) sont appréhendées de manière concrète ; le niveau d'existence des objets de la géométrie n'est pas sur-naturel, comme l'est celui des nombres. Ainsi comprise, la géométrie est quasiment une science naturelle, une sorte de « physique de l'espace », car ses objets, aussi abstraits soient-ils (il s'agit de triangles, de cercles, ... et non pas de champs triangulaires, de bassins circulaires, ...), sont quasiment sensibles. Il en est d'autant plus merveilleux qu'ils suivent des lois strictes facilement compréhensibles et démontrables (au point que c'est dans leurs figurations géométriques qu'on découvre le plus simplement les propriétés des

nombres). L'espace est la « chose » (naturelle) dans laquelle les Pythagoriciens ont pu en premier mettre en œuvre leur conception selon laquelle ce sont les nombres qui gouvernent toutes choses (la seconde « chose » où ils le feront est la musique). Cette mise en œuvre passe par la notion de mesure : la mesure est le rapport d'une grandeur (ici ce sera une longueur, une surface, un volume, un angle, un arc, ...) à une autre grandeur de même nature (comme le nombre est le rapport d'une pluralité à l'unité). D'où l'importance des proportions chez les Pythagoriciens, et celle de leurs applications géométriques (applications qui peuvent être rationnelles comme celles évoquées précédemment, mais aussi plus ou moins mystiques comme, par exemple, le fait de considérer le cube comme l'harmonie géométrique parce qu'il possède 6 faces, 8 sommets et 12 arêtes, 6, 8 et 12 formant une proportion harmonique). On voit la perturbation qu'a dû apporter la découverte de l'incommensurabilité (et des nombres irrationnels) : il existe des grandeurs qui n'ont pas de mesure commune et ne peuvent donc pas être rapportées l'une à l'autre, il existe des nombres qui ne peuvent être compris comme le rapport de deux autres nombres. Ce qui nous amène à nous intéresser maintenant à la manière dont étaient sans doute conçus les nombres chez les Pythagoriciens.

Si cette application à l'espace de la conception selon laquelle les nombres et leurs rapports régissent toutes choses se fait assez bien (hormis les cas d'incommensurabilité), il n'en est pas de même pour les applications physiques, sauf pour la musique (voir ci-après). Pour comprendre la manière dont les Pythagoriciens vont utiliser cette conception en physique, en l'entremêlant à une physique des contraires (proche de ce qu'elle sera chez Héraclite) et aux notions de limite et d'illimité (qu'on peut rapprocher de celles d'Anaximandre et Anaximène – celui-ci étant contemporain de Pythagore), on doit exposer ce que devait être la conception générale des nombres à cette époque en Grèce.

Cette conception, qu'Aristote (*Métaphysique-livres A, 6 et M, 7*) attribue aux Platoniciens mais qui est sans doute antérieure, est celle de la génération des nombres par la duplication. Conception dont on trouve des traces dans la métrologie grecque (encadré 111 page 39), et qui rappelle fortement la méthode égyptienne de multiplication et de division, le principe de l'œil d'Horus (encadré 69), et les noms sumériens de 1 et 2, *gesh* et *min*, homme et femme (encadré 11). Elle veut que les nombres soient produits par l'action d'une dyade (= deux) indéterminée sur l'unité. Cette dyade indéterminée est une sorte de puissance multiplicative ; l'unité, elle, est au contraire déterminée et joue en tant que puissance déterminative ; ainsi l'action de l'unité sur la dyade indéterminée sera le nombre 2, nombre déterminé et formé de deux unités déterminées. Les autres nombres s'obtiennent de la même manière, par duplications successives. On conçoit toutefois que les nombres impairs ne peuvent pas être ainsi engendrés ; ils doivent sans doute être rangés à côté de l'unité dans la catégorie des puissances déterminatives ; ce qui sera la catégorie « mâle » opposée à la catégorie « femelle » que sont les nombres pairs (à l'image de la dyade

indéterminée qui a une fonction multiplicative : elle engendre les nombres (la multiplication, la reproduction) sous l'action du principe mâle, l'unité qui a la puissance de détermination). Le couple unité/ dyade à partir duquel les nombres sont engendrés est ainsi l'archétype du couple impair/pair, déterminé/ indéterminé, limité/illimité, mâle/femelle. On verra également d'autres oppositions de ce genre dans la physique pythagoricienne. Ici, on se contentera de remarquer que cette conception de l'engendrement des nombres par la duplication, par l'action du principe déterminant, qu'est l'unité, sur la puissance multiplicative indéterminée, qu'est la dyade, va permettre d'articuler les nombres, les contraires, l'indéterminé et le déterminé, en une physique.

Avant d'en venir à cette physique, on va parler de la musique, musique dont les Pythagoriciens avaient fait une des branches de la mathématique (avec l'arithmétique, la géométrie et l'astronomie – également appelée « sphérique »). Une telle subdivision n'est pas en désaccord avec ce que nous avons dit de la géométrie pythagoricienne comme application de l'arithmétique à l'espace, car la musique est une application de cette arithmétique aux phénomènes sonores, et l'astronomie une application non seulement de la géométrie mais aussi de l'arithmétique, et même de la musique, aux phénomènes célestes.

LA MUSIQUE

Si la conception de la géométrie pythagoricienne comme application de l'arithmétique à la « chose naturelle » que serait l'espace est discutable (quoiqu'elle traduise assez bien l'orientation générale de cette géométrie), la musique est incontestablement interprétée de manière arithmétique chez les Pythagoriciens (via, peut-être, la géométrie de la comparaison des longueurs des cordes de la lyre).

On a déjà évoqué le rapport existant entre la proportion harmonique et la musique, soit la proportion 12, 8, 6. Les sons à l'octave ont des fréquences dans le rapport $12/6 = 2$, ceux à la quinte ont des fréquences dans le rapport $12/8 = 3/2$, et ceux à la quarte ont des fréquences dans le rapport $8/6 = 4/3$. On remarquera en outre que ces rapports sont ceux qui s'obtiennent en combinant les différents nombres 1, 2, 3 et 4 dont la somme produit la *tétractys* (10), qui est un nombre triangulaire en tant que somme des entiers successifs :

$$3/2 \quad \leftarrow \begin{array}{c} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{array} \rightarrow \quad 4/3 \quad 4/2 = 2$$

Avant de chercher comment ces rapports ont pu être découverts par les Pythagoriciens (sinon Pythagore lui-même, les tout premiers Pythagoriciens), on peut consulter l'encadré 142, qui donne un bref rappel de la physique musicale, et notamment de celle des cordes vibrantes.

142. PHYSIQUE MUSICALE

Le son est une vibration de l'air qui ébranle le tympan. Comme toute vibration, il est caractérisé par une amplitude et une fréquence. L'intensité du son est d'autant plus forte que l'amplitude de la vibration est grande. Le son est d'autant plus aigu que la fréquence de la vibration est élevée (les sons audibles ayant une fréquence comprise entre 20 et 20 000 vibrations par seconde).

L'effet musical d'un ensemble de deux sons dépend du rapport de leurs fréquences, mais non des valeurs absolues de celles-ci. On appelle « intervalle » le rapport de ces deux fréquences. Les sons ayant des fréquences N_1 et N_2 ont un intervalle $i = N_1/N_2$.

La gamme est composée de 7 notes séparées les unes des autres soit par un intervalle d'un ton, soit par un demi-ton, comme il est indiqué ci-dessous :

ut	ré	mi	fa	sol	la	si	ut
1	1	1/2	1	1	1	1/2	

Le demi-ton correspond à un intervalle égal à $^{12}\sqrt{2}$, soit 1, 059. C'est-à-dire que deux notes qui diffèrent d'un demi-ton ont un rapport de fréquence $i = N_1/N_2 = 1, 059$. Le ton (et le demi-ton) est donc un rapport et non un nombre de vibrations (ce qui signifie que la différence des fréquences $N_1 - N_2$ correspondant à un ton varie selon les notes concernées ; elle ne sera pas la même pour ut-ré et sol-la, par exemple ; en revanche les rapports des fréquences ut/ré et sol/la sont égaux).

Comme ne comptent que les rapports entre les fréquences et non les valeurs absolues de celles-ci, la détermination de la fréquence d'une note est « arbitraire » ; par convention on choisit en général une fréquence de 435 vibrations par seconde pour la note la_3 (la note « la » de la 3^e octave), ce qui donne les valeurs suivantes :

$$Ut_3 = 260 \quad Ré_3 = 293 \quad Mi_3 = 326 \quad Fa_3 = 345 \quad Sol_3 = 390$$

$$La_3 = 435 \quad Si_3 = 490 \quad Ut_4 = 520$$

$$\text{Octave} = Ut_4/Ut_3 = 520/260 = 2$$

$$\text{Quinte} = Sol/Ut = 390/260 = 3/2$$

$$\text{Quarte} = Fa/Ut = 345/260 = 4/3$$

Pour comprendre en quoi consiste le timbre d'un son, on va étudier brièvement la physique des cordes vibrantes, ce qui nous permettra d'introduire les notions de son fondamental et d'harmoniques.

Lorsqu'on met en vibration une corde tendue (soit en la pinçant – guitare –, en la frappant – piano –, ou en la frottant – violon –), elle rend un son. On montre que la fréquence de ce son est N telle que

$$N = \frac{K}{2L} \sqrt{\frac{P}{\mu}}$$

avec L la longueur de la corde en mètres, P la tension de la corde en newtons (1 kg-poids = 9, 81 newtons), μ la masse de la corde par unité de longueur, en kg/m.

K est un nombre entier que l'on va maintenant expliciter. La corde vibrante émet un son complexe composé de plusieurs sons simples caractérisés par une fréquence et une amplitude. La formule précédente indique les fréquences de ces différents sons simples en posant $K = 1$, $K = 2$, $K = 3$, etc. Le son dont la fréquence est donnée par la formule avec $K = 1$ est le son fondamental, les autres ($K = 2$, $K = 3$, ...) sont les harmoniques de ce son fondamental.

Le timbre d'un son complexe (car cette notion n'a pas de sens pour les sons simples) est fonction de la manière dont sont représentés en lui le son fondamental et ses harmoniques ; c'est-à-dire l'intensité relative de chacun de ces sons simples composant le son complexe.

Pour l'étude de la musique chez les Pythagoriciens, et notamment du rôle de la proportion harmonique dans cette musique, on retiendra surtout que, pour une corde donnée (matériau et tension), la fréquence du son fondamental est inversement proportionnelle à la longueur (plus la corde est courte, plus le son est aigu – par exemple la corde donnant le son Ut_4 est deux fois plus courte que celle donnant le son Ut_3 , puisque les fréquences de ceux-ci sont respectivement 520 et 260).

Les Pythagoriciens ne connaissaient pas la nature exacte du son, ni donc la notion de fréquence sonore et sa relation avec la hauteur du son. Comment ont-ils pu alors découvrir ces rapports précédemment évoqués ? La tradition rapporte plusieurs expériences : des marteaux, dont les poids sont dans les rapports 2, 3/2 et 4/3, avec lesquels on frappe sur des enclumes rendraient des sons à l'octave, la quinte et la quarte ; ou bien des vases remplis d'eau selon ces mêmes rapports donneraient ces sons lorsqu'on les frappe ; ou bien des cordes de longueurs égales tendues avec des poids dans ces rapports ; ou enfin des cordes soumises à la même tension mais dont les longueurs sont dans ces rapports. Seule cette dernière expérience est vraisemblable (l'avant-dernière est impossible, car la hauteur du son n'est pas proportionnelle à la tension de la corde mais à sa racine carrée) ; l'encadré 142 indique clairement que la fréquence du son fondamental émis par une corde vibrante est d'autant plus forte que la corde est courte. On peut donc supposer que ces rapports ont été découverts en remarquant que quatre cordes semblables en tous points (matériau, diamètre, tension) ayant des longueurs dans les rapports en question rendent des sons tels que celui de la corde la plus courte est à l'octave de celui de la plus longue, celui de la deuxième en longueur à la quinte de la plus longue, celui de la troisième en longueur à la

quarte de la plus longue. La même expérience peut se faire avec une seule corde dont on fait varier la longueur de la partie qui vibre, en la bloquant aux endroits voulus.

Cela établi, il reste à comprendre pourquoi ce sont justement ces rapports de quarte, quinte et octave qui ont été retenus. Il est probable que c'est parce que les premières lyres grecques ne comportaient que 4 cordes (tétracorde), qui étaient accordées de sorte que la 2^e était à la quarte de la 1^{re}, la 3^e à la quinte, la 4^e à l'octave (quel qu'ait pu être le diapason de l'époque, puisque la valeur absolue de la fréquence des sons importe peu ici, seules comptent leurs valeurs relatives).

Par la suite, le nombre de cordes s'est multiplié, des intervalles musicaux plus petits sont apparus (notamment le ton), mais les intervalles de quarte, quinte et octave ont conservé leur importance première.

L'encadré 143 présente les thèses musicales attribuées à Philolaos par Stobée et Boèce. Si elles sont authentiques, l'intervalle d'un ton correspondait au ^{ve} siècle av. J.-C. à un rapport de 9/8 entre les fréquences (soit 1, 125, ce qui donne pour le demi-ton 1, 06066) ; la quarte était considérée comme égale à 2, 5 tons, la quinte à 3, 5 tons, l'octave à leur somme (2, 5 + 3, 5) tons. Pour conserver les rapports 4/3, 3/2 et 2 les caractérisant, le demi-ton dut être réduit à 256/243 (soit 1, 05349) ; sans quoi la quarte aurait valu moins de 2 tons + 1 demi-ton, la quinte moins de 3 tons + 1 demi-ton, l'octave moins de 5 tons + 2 demi-tons. Ce demi-ton réduit fut appelé « dièse » ou « demi-ton mineur ». Le comma fut alors défini comme l'intervalle séparant deux notes qui sont respectivement à un ton et à deux dièses d'une même note de référence.

Qu'elles soient de Philolaos (ce qui est douteux) ou non, ces conceptions sont typiquement pythagoriciennes par l'utilisation qu'elles font des nombres et de leurs rapports. Il est difficile de dire si les intervalles de ton et de « dièse » (demi-ton mineur) préexistaient à leur « mathématisation » (c'est-à-dire si les combinaisons numériques de 9/8 et de 256/243 ont été inventées *a posteriori*), ou s'ils sont de pures créations mathématiques, appliquées ensuite à la musique, ou encore si la forme mathématique a fixé des intervalles plus ou moins bien définis dans une pratique musicale préexistante. Mais, ce qui est certain, c'est que les Pythagoriciens ont eu une conception de la musique complètement mathématisée, au point qu'ils en ont fait une des branches de ces mathématiques (avec l'arithmétique, la géométrie et l'astronomie). Il semble que, là comme ailleurs (en astronomie par exemple), ils ne considéraient pas la mathématique seulement comme un outil d'analyse des phénomènes naturels (à supposer que la musique soit un phénomène naturel), mais comme l'expression de la puissance légiférante des nombres. Cette mathématique ne devait pas servir uniquement à l'étude d'une musique existante, mais pouvait édicter les lois de la musique de manière *a priori* (que ces lois existassent déjà ou qu'elles fussent à créer de la sorte). C'est sans doute là l'origine du rationalisme mathématique en physique (et de certains de ses abus, comme la prétention à la connaissance par le seul raisonnement *a priori*).

143. LA MUSIQUE SELON PHILOLAOS

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. La grandeur de l'harmonie (*octave*) est [constituée par] la quarte et la quinte. La quinte est plus grande d'un ton que la quarte. En effet une quarte sépare la corde la plus haute (*hypate*) de la corde moyenne (*mèse*) ; une quinte la corde moyenne (*mèse*) de la plus basse (*nète*) ; une quarte la corde la plus basse (*nète*) de la tierce (*trite*) ; et une quinte la corde tierce de la plus haute (*hypate*). Entre la tierce (*trite*) et la moyenne (*mèse*) il y a un ton. La quarte a le rapport $3/4$, la quinte $2/3$ et l'octave $1/2$. Ainsi l'harmonie comprend cinq tons et deux demi-tons, la quinte trois tons et un demi-ton, et la quarte deux tons et un demi-ton. (Stobée, *Choix de textes*, I, XXI, 7d) [N.B. : *l'hypate, dite ici corde la plus haute, rend le son le plus grave ; la nète, dite ici corde la plus basse, rend le son le plus aigu ; la hauteur en question concerne la position de la corde dans la lyre, et non le son qu'elle rend.*]

2. Le Pythagoricien Philolaos a tenté, lui, de diviser le ton d'une autre façon, en établissant naturellement que le point de départ en était le premier nombre qui est le cube du premier nombre impair, selon un principe cher aux Pythagoriciens : or le premier impair est le nombre 3 ; en multipliant 3 fois 3 par lui-même, on obtient forcément le nombre 27, qui forme avec 24 un intervalle d'un ton ($27/24 = 9/8 = 1,125$ pour un ton, soit ici 1,06066 pour un demi-ton), si l'on maintient le même excès de 3 ($27 - 24 = 3$). En effet 3 est la huitième partie du nombre 24, qui, quand on lui ajoute 3, devient le premier cube de 3, c'est-à-dire 27. C'est en partant de ce cube que Philolaos distingue deux parties dans le ton, la première, supérieure au demi-ton, qu'il appelle *apotomé* et la seconde, inférieure au demi-ton, qu'il appelle *dièse* et qu'on a dénommée par la suite *demi-ton mineur* ; et il appelle *comma* l'intervalle qui sépare ces deux parties de ton. D'autre part, la valeur qu'il attribue au dièse, par lequel il commence, est de treize unités, parce que la différence entre 256 et 243 est 13 (le dièse, ou demi-ton mineur, est ici considéré comme égal à $256/243$, soit 1,05349, ce qui est inférieur au demi-ton calculé pour un ton égal à $9/8$, demi-ton qui est alors de 1,06066 ; ce choix d'un demi-ton mineur – c'est-à-dire inférieur au demi-ton « réel » – se comprend par la nécessité de retomber sur les rapports $3/4$, $2/3$, et $1/2$ pour la quarte, la quinte et l'octave, considérées respectivement comme égales à deux tons et un demi-ton, trois tons et un demi-ton, cinq tons et deux demi-tons, ce que ne permet pas le demi-ton « réel »), et que ce même nombre 13 se décompose en 9, 3 et 1, où 1 représente le point, 3 la première ligne impaire (le premier nombre premier impair, hormis 1) et 9 le premier carré impair.

Ainsi, rapportant pour les raisons qu'on vient d'exposer le nombre 13 au dièse, qui représente un demi-ton, il décida que le reste de la soustraction de 13 à 27, soit quatorze unités, serait l'apotomé. Et puisque la différence entre 14 et 13 est de 1, il est d'avis de faire 1 le comma (le comma est le $1/9$ de

ton). Le ton entier est pour lui de vingt-sept unités, étant donné que la différence entre 243 et 216, qui sont distants d'un intervalle égal à un ton, est précisément de 27 ($243/216 = 9/8$ – Philolaos aurait cherché le nombre dont le 1/9 est 27, soit 243, puis l'aurait diminué de 27, soit 216, pour obtenir le rapport exprimant le ton en mettant en évidence le nombre 27, en notant que $243 + 13 = 256$ et $256/243 = 1$ dièse). (Boèce, *Institution musicale*, III, 5) –

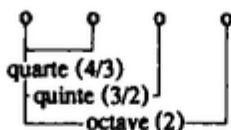
Voici comment Philolaos définit ces intervalles et leurs subdivisions. Selon lui, le *dièse* est l'intervalle dont la quarte dépasse deux tons ; le *comma* est l'intervalle dont le ton dépasse deux dièses, c'est-à-dire deux demi-tons mineurs (un ton égal deux dièses – ou demi-tons mineurs – plus un comma. Le ton étant $9/8$, le dièse $256/243$, soit respectivement 1, 125 et 1, 05349, deux notes séparées par deux dièses sont dans le rapport $(256 \times 256) / (243 \times 243) = 1, 10986$, et deux notes séparées par un comma dans le rapport $1, 125/1, 10986 = 1, 01364$). Quant au *schisme*, il vaut un demi-comma et le *diaschisme* un demi-dièse, c'est-à-dire un demi-ton du demi-ton mineur. (*Ibid.*, III, 8)

(N.B. : Stobée et Boèce vivaient tous deux à la fin du *v^e* et au début du *vi^e* siècle après J.-C., donc 9 siècles après Philolaos qu'ils commentent ainsi. Même si l'on peut douter de la lettre, il semble que l'esprit des Pythagoriciens ait été conservé dans ces textes. D'autres doxographes attribuent à Archytas des considérations comparables.)

NOMS ET ARRANGEMENTS DES CORDES DANS LES LYRES GRECQUES

(Réf. : Chaignet, Rey)

Tétracorde



Heptacorde

o Nète	9/8 (1 ton)
o Paranète	
o Tritè	$9/8 + 256/243$ (1 ton + 1 dièse)
o Mèse	9/8
o Lichanos	9/8
o Parhypatè	9/8
o Hypatè	$256/243$ (1 dièse)

Octocorde

o Nète	9/8
o Paranète	
o Tritè	$256/243$
o Paramèse	
o Mèse	9/8
o Lichanos	9/8
o Parhypatè	9/8
o Hypatè	$256/243$

Cet accord de la musique et de la mathématique va fournir le paradigme de l'étude de la nature, selon la conception où ce sont les nombres qui gouvernent celle-ci. On a dit ci-dessus que la géométrie pouvait, d'une certaine manière, être considérée comme l'application d'une telle conception à un espace qui serait assimilé à une « chose naturelle » ; cependant, les figures géométriques sont encore trop abstraites, et la géométrie déjà trop individualisée comme science mathématique, pour véritablement servir d'entraîneur dans la généralisation de cette mystique numérique à la physique. Ce sera la musique qui jouera ce rôle. On peut bien évidemment objecter que la musique n'est pas un objet naturel mais une création de l'homme, mais il est très probable que la beauté qu'ils trouvaient à certaines combinaisons de sons, les Pythagoriciens (et, d'une manière générale, les hommes de l'Antiquité) l'attribuaient à la nature ou même, plus vraisemblablement encore, aux dieux et principes gouvernant le monde (la musique a souvent fait partie des rites religieux, dans quelque partie du monde que ce soit). La proximité de la musique et du divin, la découverte des rapports numériques sous-tendant les combinaisons des sons dans la musique, tout cela devait inévitablement conforter le rapprochement des nombres et du divin, conforter la mystique des nombres. Mais, en même temps, la musique est du domaine du sensible, du physique ; elle est la forme sensible et concrète du gouvernement des choses par les nombres. Elle sera le paradigme de la physique mathématique ou, du moins, de la tentative d'application de l'arithmétique à l'étude de la nature (l'arithmétique, en tant que science des nombres qui gouvernent le monde, a encore ici la priorité sur la géométrie, comme dans l'astronomie mésopotamienne).

Cette application de la mathématique à l'étude de la nature n'a pas grand-chose de commun avec la physique mathématique telle que nous la connaissons aujourd'hui (et qui s'appuie davantage sur la géométrie). Dans leur physique, les Pythagoriciens vont suivre plutôt les aspects mystiques que les aspects rationnels de leurs mathématiques (ce en quoi l'expression de rationalisme mathématique pour cette physique est un peu exagérée). Mais malgré tout, ils ébauchent ce qui sera un peu poursuivi par Platon et l'Académie, et qui renaîtra avec Galilée et la mécanique (où la géométrie prend le pas sur l'arithmétique).

LA PHYSIQUE

Comme pour les autres aspects de la doctrine pythagoricienne, il est difficile de préciser ce qu'était exactement la conception que se faisaient de la physique les Pythagoriciens des différentes générations, et de désigner précisément les auteurs de telle ou telle idée. On ne peut guère qu'esquisser les principes généraux d'une physique pythagoricienne, sans toujours bien comprendre comment ils s'articulaient, ni savoir lesquels sont primitifs, lesquels ont été élaborés plus tardivement. L'encadré 144 expose les conceptions attribuées à Philolaos en

matière de physique (fin du ^v^e siècle av. J.-C.) ; leur authenticité est assez douteuse lorsqu'on les considère dans les détails ; on peut toutefois penser que les grandes lignes sont bien d'inspiration pythagoricienne et datent à peu près de cette époque.

144. LA PHYSIQUE SELON PHILOLAOS

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. (*Extrait du livre « Du Monde » de Philolaos*) Il est nécessaire que tous les êtres soient ou bien limitants, ou bien illimités, ou bien à la fois limitants et illimités. Mais il ne saurait y avoir rien que des illimités ou rien que des limitants. Aussi, puisqu'il est visible que le monde n'est pas fait rien que de limitants ni rien que d'illimités, il est bien clair que c'est de l'accord à la fois de limitants et d'illimités que le monde ainsi que tout ce qu'il contient ont été constitués. Cela est encore prouvé par l'observation des faits : car les choses qui sont constituées de limitants, limitent ; d'autres, constituées à la fois de limitants et d'illimités, limitent et illimitent ; et d'autres encore, constituées d'illimités, seront à l'évidence illimitées. (*Stobée, Choix de Textes, I, XXI, 7a*) – Et de fait, tout être connaissable a un nombre : sans celui-ci, on ne saurait rien concevoir ni rien connaître. (*Ibid., I, XXI, 7b*) – De fait, le nombre a deux formes propres, l'impair et le pair, plus une troisième produite par le mélange des deux : le pair-impair. Chacune des deux formes revêt des aspects multiples, qu'exprime chaque objet pris isolément. (*Ibid., I, XXI, 7c*)

2. C'est pourquoi [le monde] demeure incorruptible et inépuisable durant l'éternité illimitée. En effet il ne se trouvera pas, en lui, de cause plus puissante que celle-là (*son âme*), ni, hors de lui, aucune cause capable d'entraîner sa destruction. En fait ce monde était de toute éternité et demeurera éternellement, un et gouverné par l'Un, [...] De plus, le monde un, continu, naturellement doté de respiration et entraîné depuis le commencement par un mouvement de rotation, renferme en lui-même le principe du mouvement et du changement. Il se compose de deux parties, l'une immuable et l'autre changeante. La partie immuable s'étend de l'âme (*la partie extérieure du monde, car l'âme du monde enveloppe celui-ci*) qui enveloppe le tout jusqu'à la Lune, tandis que la partie changeante va de la Lune à la Terre (*comparer à l'opinion d'Héraclite selon qui la Lune se trouve dans une région impure ; voir fragment 5 de sa doxographie, encadré 122, page 108*). Mais comme le moteur se meut circulairement d'une éternité à l'autre, alors que le mû suit le mouvement que lui impose le moteur, il s'ensuit que [...] l'un est dans sa totalité [le domaine] de l'intellect et de l'âme, tandis que le second est celui de la génération et du changement. L'un, premier en puissance, commande à l'autre, qui est second et lui obéit. Le composé des deux – le divin éternellement doté d'une course rapide et l'engendré toujours changeant, c'est le monde. [...] Ainsi le monde reste éternellement un, toujours identique et

semblable, tandis que les choses engendrées et qui se corrompent sont multiples. Celles-ci, quoique soumises à la corruption, conservent quand même leurs natures et leurs formes et reproduisent dans les êtres qu'elles ont engendrés la forme identique à celle du père et du démiurge qui les a engendrées. (*Stobée, Choix de textes, I, XX, 2*)

3. De Philolaos : L'examen des effets et de l'essence du nombre doit se faire en fonction de la puissance contenue dans la décade. En effet, la puissance [du nombre] est grande, parfaite, universelle, principe et guide de la vie divine et céleste comme de la vie humaine auxquelles participe [...] la puissance aussi de la décade. Sans elle, tout serait illimité, caché et obscur. Car la nature du nombre est pour tout homme cognitive, directrice et institutrice, sur tout ce qui est matière soit à perplexité, soit à ignorance. En effet aucune des choses [qui existent] ne serait évidente pour personne, ni en elle-même ni dans sa relation avec une autre chose, s'il n'existait pas le nombre et l'essence du nombre. En réalité, c'est le nombre qui, en rendant toutes choses adéquates à l'âme par la sensation, les rend connaissables et commensurables entre elles selon la nature du *gnomon* (*c'est-à-dire le nombre qui, ajouté à un nombre figuré, donne un autre nombre de même forme*) ; car c'est lui qui les rend corporelles et distingue chacune des relations entre les choses tant illimitées que limitantes. Et on peut observer la nature du nombre et sa puissance efficace non seulement dans les choses démoniques et divines, mais aussi dans toutes les actions et paroles humaines, à tout propos et aussi bien dans toutes les activités de l'art que dans le domaine de la musique.

La nature du nombre, d'autre part, pas plus que ne le fait l'harmonie, n'admet la fausseté : avec la fausseté en effet ni l'une ni l'autre n'a de parenté, puisque la fausseté et la jalousie ressortissent, elles, à la nature de ce qui est illimité, inintelligible et irrationnel. (*Stobée, Choix de textes, I, préface, 3*)

Touchant la nature et l'harmonie, voici ce qu'il en est : l'être des choses, qui est éternel, et la nature elle-même requièrent une connaissance divine et non humaine ; d'autant plus qu'aucune chose existante ne pourrait être connue de nous, s'il n'existait pas un être fondamental des choses dont se trouve composé le monde : les limitantes et les illimitées. Mais puisque ces principes existent en tant que non semblables et non homogènes, il serait impossible qu'un monde se soit constitué à partir d'eux, s'il ne s'y était ajouté une harmonie, quelle que soit la manière dont elle est née. Les semblables et apparentés ne requièrent aucune harmonie ; mais les dissemblables non apparentés et non également ordonnés doivent être nécessairement enchaînés par une harmonie telle qu'ils puissent, grâce à elle, se maintenir dans le monde. (*Ibid., I, XXI, 7d*)

4. Les choses divines exercent leur empire sur les choses inférieures, et le monde est le résultat de l'accord des contraires, étant constitué de limitants et d'illimités, d'après Philolaos. (*Proclus, Commentaire sur le Timée de Platon, I, 176, 27*) – L'harmonie naît seulement des contraires, car l'harmonie est unification des complexes (*du multiple*) et accord des opposés. (*Nicomaque de Gêrèse, Introduction arithmétique, II, XIX, 115, 2*) – Selon Philolaos, le nombre

est le lien tout-puissant et engendré par soi qui unit éternellement les objets du monde. (*Jamblique, Commentaire sur l'Introduction arithmétique de Nicomaque, 10, 22*)

5. Selon Philolaos, la grandeur mathématique à trois dimensions (*le volume*) est contenue dans le nombre 4 [*1 est le point, 2 (points) la ligne, 3 (points non alignés) le plan, et 4 (points non situés dans le même plan) le volume*], la qualité et la couleur de la nature visible dans le nombre 5, le principe vital dans le nombre 6, l'intellect, la santé et ce qu'il appelle la *lumière* dans le nombre 7. Après quoi, il ajoute que l'amour, l'amitié, la ruse et l'intellection sont conférés aux êtres par le nombre 8. (*Pseudo-Jamblique, Théologoumènes arithmétiques, 74, 10*) – C'est à juste titre que Philolaos attribue au nombre 7 le qualificatif de « sans mère » : il est en effet le seul à n'être pas naturellement engendrant ou engendré (*plus exactement, il faudrait dire que c'est non seulement un nombre impair, ne pouvant pas être engendré par la dyade, mais aussi un nombre premier*). (*Jean de Lydie, Des mois, II, 12*)

6. Les corps (*éléments*) de la sphère sont cinq : le feu, l'eau, la terre et l'air, qui sont contenus dans la sphère, auxquels s'ajoute un cinquième, la coque de la sphère. (*Théon de Smyrne, Commentaires, 18, 5*) – Pour Pythagore (*c'est-à-dire ici l'école pythagoricienne*), il existe cinq figures de volumes, qu'il appelle encore mathématiques : le cube qui, selon lui, a produit la terre ; la pyramide (*tétraèdre*), qui a produit le feu ; l'octaèdre qui a produit l'air ; l'icosaèdre qui a produit l'eau, et le dodécaèdre qui a produit la sphère de l'univers. (*Aétius, Opinions, II, VI, 5*) (*Comparer au Timée de Platon, écrit d'après la tradition à partir de livres pythagoriciens achetés à Philolaos*)

7. L'âme s'introduit dans le corps grâce au nombre et grâce à l'harmonie immortelle en même temps qu'incorporelle. [...] L'âme chérit le corps, parce que c'est lui qui donne à l'âme l'usage du sens. Et après que la mort l'a séparée du corps, l'âme mène dans le monde une vie incorporelle. (*Claudien Mamert, De l'âme, II, 7*) – Les anciens théologiens et devins témoignent eux aussi que c'est en punition de certaines fautes que l'âme a été attelée au corps et ensevelie en lui comme dans un tombeau. (*Clément d'Alexandrie, Stromates, III, II*) (*Comparer à Héraclite, page 120, et rapprocher de la métempsycose et de la purification de l'âme par la connaissance, lors de ses passages par différents corps*) (N.B. : *L'authenticité des différentes opinions attribuées à Philolaos dans ces fragments n'est pas garantie ; on peut cependant considérer que ce sont là, grossièrement esquissées, les conceptions pythagoriciennes de l'époque, parfois altérées par des idées postérieures – Platon, Aristote, Stoïcisme Christianisme...*)

D'après cela et d'autres commentaires des auteurs anciens, contemporains ou postérieurs aux premiers Pythagoriciens, il semble que l'on puisse distinguer trois thèmes principaux dans la physique de la secte : le problème du limité (fini, déterminé) et de l'illimité (infini, indéterminé), les nombres et l'harmonie en tant que principes « commandant » aux choses, l'opposition des contraires. On va

envisager successivement chacun de ces thèmes, puis on essaiera de les articuler entre eux.

La question du limité et de l'illimité est très liée chez les Pythagoriciens à celle de la « respiration du monde ». Aristote écrit : *Les Pythagoriciens affirment, eux aussi, l'existence du vide : il pénètre à travers le ciel même à la façon d'un souffle, comme si le ciel aspirait justement le vide, et le vide opère une délimitation des substances qu'il définit, en tant qu'il constitue une sorte de moyen de séparer les êtres qui forment une succession [discontinue] et, ainsi de les définir.* (Physique, IV, VI, 213b 22). Précisons d'abord que les premiers Pythagoriciens ne connaissaient pas le vide, puisque c'est une notion introduite plus tard par les Atomistes. Remarquons aussi que ce qui est appelé « ciel » chez les Pythagoriciens correspond à la région sublunaire (voir ci-après la partie consacrée à l'astronomie pythagoricienne). Cela dit, cette question de la respiration d'un souffle infini (= illimité) rappelle les conceptions d'Anaximandre et d'Anaximène (dont Pythagore est le contemporain). Chez Anaximène, l'air indéfini (quantitativement et qualitativement) est l'élément primordial ; c'est aussi la matrice dans laquelle le monde est enchâssé, le support des astres, etc. C'est la condensation ou la raréfaction de cet air indéfini qui produit les différentes choses. D'autre part, l'air soutient le monde comme la respiration, le souffle, soutient les êtres vivants. On retrouve apparemment des idées assez proches chez les Pythagoriciens. Il ne semble pas toutefois que cette respiration du monde se confonde avec un processus de condensation-raréfaction. Cette respiration se comprend comme la pénétration de l'air indéfini (qui entoure le monde, au-delà du ciel) à l'intérieur d'un monde auparavant unitaire ; cette pénétration sépare ainsi les différentes choses dans ce monde (un peu comme une fissuration d'une masse initialement homogène). Les différentes choses sont ainsi différenciées et limitées par l'air indéfini (et illimité : c'est-à-dire sans forme précise, tandis que les choses séparées par l'air sont limitées dans des contours précis). De sorte qu'on peut dire que l'air illimité (indéfini et infini) a une fonction de limitation, et que les choses définies sont limitées par ce qui est non-limité : l'air. Rappelons que les premiers Pythagoriciens ne connaissaient pas la corporéité de l'air (découverte par Empédocle et Anaxagore) – (ce qui explique peut-être qu'Aristote, dans la citation ci-dessus, en parle comme du vide) – et qu'en conséquence cet air illimité est proche parent de celui d'Anaximène (une concrétisation de l'*apeiron*). Il semblerait que cette conception du limité et de l'illimité ait été celle des premiers Pythagoriciens, et donc très ancienne.

L'illimité a ainsi une fonction (paradoxe) d'engendrement des choses limitées et différenciées. Mais alors il est difficile d'articuler cette conception à celle selon laquelle « les choses imitent les nombres » ou « les choses sont nombres », ce que nous traduisons (sans trop le trahir) par « les nombres commandent aux choses ». Le nombre et l'harmonie auraient ici une fonction de « limitant », de mise en forme de l'illimité ; lequel joue alors un rôle de substrat indéterminé, de matière soumise à ce travail de limitation et de mise en forme par le nombre.

On a déjà vu comment l'arithmétique s'applique très bien à la musique. On verra, ci-après, qu'elle s'applique assez bien aux phénomènes astronomiques. Il n'en est pas de même pour les phénomènes qui se déroulent dans la partie sublunaire du monde, c'est-à-dire les phénomènes météorologiques et les différents processus physiques terrestres. Au-dessus de la Lune se trouve le cosmos, c'est-à-dire le monde de l'ordre (*cosmos*, Κόσμος, signifie « ordre, arrangement convenable », mais aussi « décence »), le monde du mouvement régulier des astres. Sous la Lune, se trouve le Ciel, où cet ordre n'est plus aussi parfait (le Ciel, c'est Ouranos, dieu engendrant des monstres – et non l'ordre –, dieu castré par son fils Kronos qui jeta dans la mer son membre viril, ce qui donna naissance à Aphrodite, la déesse de l'amour, qui réintroduit un ordre par les lois de la génération ; on rapprochera cela du fragment 2 de l'encadré 144, où il est dit qu'au-dessus de la Lune se trouve la partie immuable du monde, et en dessous la partie changeante, mais que le principe de la génération introduit un ordre dans ce changement, en ce qu'elle permet aux choses qui naissent et périssent de sauver leur essence et leur forme). On se rappelle que pour Héraclite la Lune n'avait pas de chaleur parce qu'elle se mouvait dans une région impure (fragm. 5 de la doxographie, encadré 122) ; on le rapprochera de ceci (à la différence qu'ici la Lune est la limite, sans qu'il soit précisé de quelle partie elle relève). Cette impureté du monde sublunaire provient de ce qu'il est le monde du changement, le monde qui ne se confond pas avec l'harmonie des rapports numériques, harmonie numérique qui est la vérité-pureté. Le monde des astres, lui, est immuable, parce qu'il a un mouvement régulier et éternel selon cette harmonie ; mouvement qui n'est pas un « changement » comme celui qui travaille le monde sublunaire. On reparlera de cette perfection du mouvement des astres opposée à l'impureté du monde sublunaire, dans la partie consacrée à l'astronomie et dans celle où l'on esquissera les principes biologiques d'Alcméon de Croton. Nous avons abordé cette question ici parce qu'elle introduit une sorte de limitation au principe selon lequel les choses sont commandées par les nombres : à l'exception du cas de la musique (qui est quasi divine), les choses sublunaires suivent moins bien ce principe que les astres au-delà de la Lune.

Cette limitation n'a pas empêché les Pythagoriciens de chercher à appliquer un tel principe à ce que nous appellerions aujourd'hui la physique. On trouve des tentatives d'application à des niveaux très différents et selon des modalités diverses. Les premières furent vraisemblablement « maladroites ». La musique et l'astronomie (au moins les importations qui pouvaient en avoir été faites d'Égypte et de Mésopotamie), et même la géométrie (considérée comme une « science naturelle » de l'espace) avaient suggéré l'intervention des nombres dans les phénomènes naturels ; mais la manière dont se faisait cette intervention, et le statut des nombres dans ces phénomènes naturels, n'étaient pas clairement perçus. Jusqu'à présent nous avons admis que les Pythagoriciens considéraient les nombres comme ressortissant à un principe transcendant contrôlant le monde, à une âme séparée de ce monde. C'est là une manière moderne d'exprimer une idée qui n'était sans doute pas aussi nette chez les premiers Pythagoriciens. Il n'est pas

sûr que pour les Grecs de cette époque un dieu même était un principe transcendant, séparé de la nature, plutôt qu'une force de cette nature à laquelle il participe. Ainsi, chez Héraclite (pourtant postérieur à Pythagore), le principe du monde est assimilé au feu, non seulement en tant qu'élément primordial mais aussi comme « force intelligente », et l'âme propre à l'homme est une sorte d'étincelle issue de ce feu. Dans l'astronomie pythagoricienne, c'est un feu central, plus ou moins divinisé, qui est responsable du mouvement des astres selon une harmonie. Dans chacun de ces cas, le principe commandant aux phénomènes naturels n'est pas réellement séparé de la nature et transcendant à celle-ci. Il en est un peu de même lorsque les Pythagoriciens considèrent le statut des nombres ; la tradition nous rapporte deux manières d'exprimer ce statut : *les choses imitent les nombres* et *les choses sont des nombres*, qui reflètent bien l'ambiguïté de la conception. Le nombre est censé « commander » aux choses (ou les choses imiter les nombres), mais la manière dont il le fait n'est pas bien perçue, et donc son statut non plus : est-il transcendant à la nature (encore faut-il que soit élaborée une telle notion de transcendance), et, si oui, comment commande-t-il alors à cette nature dont il est séparé ? Appartient-il à la nature (si une transcendance n'est pas encore bien conçue), et alors quelle place y occupe-t-il pour pouvoir la commander ?

Une première tentative fut d'attribuer des nombres aux choses et aux notions plus abstraites. Une telle attribution n'est pas facile, et on ne peut pas toujours comprendre la manière dont elle se fait. La plus naïve est sans doute dérivée de la figuration géométrique des nombres : tout comme certains nombres sont carrés, triangulaires, cubiques, ..., et que donc le carré, le triangle, le cube, ..., ont des nombres, il fut imaginé d'attribuer des nombres aux diverses choses selon le nombre de « points-unités » nécessaires pour les « dessiner ». La méthode ne pouvait rien donner de bien sérieux et elle dégénéra : à la fin du ^{ve} siècle Eurytos attribuait ainsi des nombres au cheval, à l'homme, ..., en dessinant leurs silhouettes avec des petits cailloux (il en fallait 250 pour l'homme). On doit toutefois remarquer qu'une telle conception (ou une proche parente) a soutenu une évolution de la physique pythagoricienne vers une sorte d'atomisme.

En effet, si l'on procède de la sorte, on donne aux unités (dont sont composés les nombres, mais aussi les choses) une étendue et une matière (encore mal distinguées l'une de l'autre). Les Pythagoriciens passent ainsi pour avoir eu une conception dans laquelle l'unité (et les nombres qu'elle compose) n'était pas une abstraction, mais une particule ayant épaisseur et consistance. S'il ne s'agit pas vraiment d'atomisme, il y a là une conception où les choses sont faites de particules, qui pourrait le préfigurer. On pense au *Timée*, dialogue de Platon d'inspiration pythagoricienne, où les quatre éléments (terre, eau, air, feu) sont censés être faits de particules cubiques (terre), icosédriques (eau), octaédriques (air) et tétraédriques (feu) (le cinquième polyèdre régulier, le dodécaèdre, est la sphère du monde). Sous l'habillage géométrique par les polyèdres réguliers (qui n'est pas étranger aux préoccupations pythagoriciennes), on trouve une

conception particulière de la matière, conception qui pourrait bien être également pythagoricienne et avoir son origine dans l'attribution d'un nombre aux choses (où l'unité devient particule, par dérivation de la figuration pythagoricienne du nombre par l'arrangement géométrique de points).

L'attribution d'un nombre à des notions abstraites (comme la santé, la justice, l'amitié) ne peut même pas recevoir un embryon d'explication comme celui proposé ci-dessus pour les choses concrètes. On ne saura donc jamais pourquoi 5 est le nombre de la couleur ou de la qualité, 6 celui du corps vivant, 7 celui de la raison, 8 celui de l'amitié et 9 celui de la médecine, pour donner quelques exemples (sans garantir la date de telles attributions) (fragment 5, encadré 144). On peut imaginer que, comme la plupart de ces notions abstraites ont quelque chose qui tient du rapport, ces attributions de nombres sont liées à la reconnaissance de la nécessaire harmonie qui, comme le dit le fragment 3 de l'encadré 144, enchaîne entre elles les choses dissemblables (et séparées par l'illimité) en un monde cohérent. On retrouverait alors, maladroitement exprimée par des nombres, l'idée selon laquelle les choses sont reliées entre elles selon une harmonie, comme le sont en musique les différentes notes. On reviendra sur cette question de l'harmonie lorsqu'on évoquera la physique des contraires chez les Pythagoriciens ; peut-être ici doit-on la comprendre comme une force d'unification, opposée au travail de séparation qu'exerce l'illimité (ce qu'on rapprochera de la conception d'une harmonie imposant des limites à la lutte des contraires chez Héraclite).

Un autre aspect de la tentative d'explication de la nature par les nombres est dérivé de la séparation de ceux-ci en pairs et impairs. À ces deux catégories la tradition en adjoint une autre : les nombres « pairs-impairs », qui sont parfois interprétés comme une catégorie spéciale de nombres pairs : ceux qui, divisés par deux, donnent un nombre impair. Pour d'autres auteurs, c'est l'unité qui serait le pair-impair (parce qu'ajoutée à un nombre pair l'unité produit un impair, et réciproquement, ce qui montrerait que l'unité participe de la nature à la fois du pair et de l'impair). Les arguments dans l'un et l'autre cas ne sont pas bien convaincants. Peut-être pourrait-on penser que les nombres pairs-impairs sont les nombres irrationnels ; cette dénomination de « pair-impair » se comprendrait par une extrapolation de la démonstration de l'irrationalité de la racine carrée de 2 (encadré 131) où intervient ce caractère à la fois pair et impair. Si c'était le cas et si les nombres pairs-impairs « commandent » aux choses avec les nombres pairs et les nombres impairs, cela signifierait que la crise née de la découverte des nombres irrationnels était surmontée à ce moment (au temps de Philolaos ?), et que ceux-ci avaient rejoint les nombres rationnels dans la vérité-pureté-mathématique sous-tendant le monde.

Revenons au cas plus simple de la division des nombres en pairs et impairs. La tradition pythagoricienne associe les nombres pairs à l'illimité, et les nombres impairs au limité (en même temps, d'ailleurs, qu'au sexe féminin pour les pairs et au sexe masculin pour les impairs). Ici encore, il y a diverses explications. On

invoque parfois le fait que les nombres pairs sont indéfiniment divisibles par 2 pour justifier leur association à l'illimité (alors qu'en fait les nombres impairs sont tout autant divisibles par 2), ou bien on met en avant la figuration des nombres par des points : un nombre pair figuré par un alignement de points se divise exactement par deux et laisse alors un espace non-limité (par des points) entre ses deux moitiés, ce que ne fait pas le nombre impair, d'où l'association du pair à l'illimité. Cela n'est pas très convaincant ; il est plus probable que l'association de l'illimité aux nombres pairs (illimité signifiant à la fois infini – sans limites – et indéfini – sans forme, sans qualité) provient d'une extension à tous ces nombres du qualificatif d'indéterminé attaché à la dyade considérée comme la puissance multiplicative qui engendre les nombres. On l'a évoqué précédemment, il est très probable que la conception grecque primitive voulait que les nombres soient engendrés par la conjonction de la puissance multiplicative indéterminée de la dyade et de la puissance déterminante de l'unité (tout comme le mâle est censé avoir une action de détermination sur la puissance multiplicative de la femelle) ; ce qui a pu être étendu aux nombres pairs et impairs (représentatifs, respectivement, de la dyade et de l'unité). D'où également le fait que les nombres pairs sont femelles, et les nombres impairs mâles ; l'unité restant l'archétype de ce caractère mâle en étant considérée comme le père de toutes choses.

Il est possible que tout cela ait été transposé dans l'explication de la nature, peut-être par un parallèle avec la manière dont l'illimité, en pénétrant dans l'unité du monde, engendre les choses limitées et définies (quoique l'illimité joue alors comme facteur de division de l'unité première, plutôt que comme puissance multiplicative). Dans cela encore le statut du nombre n'est pas clairement établi. La manière dont le caractère pair ou impair des nombres intervient dans la nature, par leur association aux caractères illimité ou limité (voire femelle ou mâle), n'a pas la rationalité de l'utilisation de la proportion harmonique en musique ; elle relève de l'analogie et de la mystique ; le nombre y est à la fois une abstraction et une force naturelle. (N.B. : la citation 3 de l'encadré 144 parle de la connaissance des choses par les nombres, pairs, impairs ou pairs-impairs ; mais la physique pythagoricienne dépassait la simple conception où le nombre est instrument de connaissance, il y était un principe régissant la nature, parfois appartenant à celle-ci, parfois lui étant transcendant, le plus souvent son statut à cet égard étant ambigu.)

Le troisième, et dernier, centre d'intérêt de la physique pythagoricienne que nous évoquerons est l'opposition des contraires. Il semble que ce soit là une conception très ancienne dans la secte, remontant au moins à Alcméon de Crotone, qu'on considère comme l'un des premiers Pythagoriciens.

D'autres, toujours parmi les Pythagoriciens, fixent le nombre des principes à dix, et les rangent en deux séries parallèles :
limité et illimité,

impair et pair,
un et multiple,
droite et gauche,
mâle et femelle,
en repos et en mouvement,
droit et courbe,
lumière et ténèbres,
bon et mauvais,
carré et oblong.

C'est cette conception qui semble avoir été celle d'Alcméon de Crotona ; toujours est-il que cette théorie a été empruntée, soit par Alcméon aux Pythagoriciens, soit par eux à Alcméon. Et de fait, l'adolescence d'Alcméon coïncide avec les dernières années de Pythagore ; d'autre part, il professa une doctrine voisine de celle des Pythagoriciens. C'est ainsi qu'il dit que la plupart des choses humaines vont par deux : il songe alors non à des oppositions définies comme chez les Pythagoriciens, mais à toutes les sortes d'oppositions possibles, comme blanc/noir, doux/amer, bon/mauvais, grand/petit. Mais il ne s'est pas donné la peine de les définir avec plus de précision, alors que les Pythagoriciens, eux, ont précisé le nombre et la nature des opposés. Quoi qu'il en soit, ils sont tous deux d'accord pour affirmer que les opposés sont les principes des êtres. (*Aristote, Métaphysique, A, V, 986 à 22*)

On remarquera qu'Aristote ne semble pas très sûr des liens existant entre Alcméon et la secte pythagoricienne. On considère en général que l'établissement de la liste des dix couples de contraires est dû à Philolaos (noter le nombre de couples : 10, c'est-à-dire la *tétractys* – on retrouve ici la mystique des nombres). Il est très probable que, comme le dit Aristote à propos d'Alcméon, il y avait au début une certaine imprécision dans les couples de contraires considérés dans la physique, et que c'est dans un deuxième temps qu'un choix fut arrêté selon des critères que nous discuterons un peu plus loin.

La physique des contraires était déjà celle d'Anaximandre (antérieur à Pythagore) et d'Héraclite (postérieur à Pythagore et sans doute à Alcméon, mais antérieur à Philolaos). C'est la physique la plus immédiate : l'étude de la nature met en évidence certaines qualités fondamentales et leurs variations dans lesquelles elles sont remplacées par leurs contraires (chaud-froid, sec-humide, ...) ; une physique des qualités est d'abord une physique des contraires. A cette opposition des contraires doit se juxtaposer une harmonie qui les enchaîne et les maintient dans certaines limites, d'où la production de choses différenciées ; la notion d'harmonie pythagoricienne s'accorde donc bien avec cela (l'harmonie se rencontre aussi chez Héraclite, en revanche chez Anaximandre il n'y a pas une telle harmonie mais au contraire une injustice ; on conçoit que cette notion d'injustice ne pouvait se maintenir ni chez Héraclite, ni chez les Pythagoriciens, pour qui le monde des choses différenciées est sous-tendu soit par un *Logos* divin, soit par des principes mathématiques mystiques ressortissant à une vérité-pureté, et pour qui la vraie connaissance est d'abord la connaissance de ce *Logos* ou de ces mathématiques ; le pessimisme d'Anaximandre ne pouvait s'accorder avec une telle mystique de la connaissance).

Le choix de certains couples de contraires (par Philolaos ?) mérite d'être commenté. On trouve d'abord les couples illimité-limité et pair-impair dont le

choix est largement expliqué par ce que nous avons dit précédemment à leur sujet. Il en va de même pour le couple femelle-mâle, associé aux deux précédents. Le couple un-pluralité se comprend de la même manière (à l'unité, mâle et impaire, s'oppose la pluralité associée à la dyade multiplicative, femelle et paire). Le couple carré-oblong est lié directement au couple impair-pair (la somme des nombres impairs successifs est un carré, celle des nombres pairs un rectangle). Les couples droit-gauche, droit-courbe, bon-mauvais, et l'association manifeste du premier terme de chacun à l'imparité (mâle, unité) et du second à la parité (femelle, pluralité) ne peuvent sans doute pas être expliqués de manière « rationnelle » comme les précédents, mais par le recours à des considérations mystiques plus traditionnelles. Le couple repos-mouvement se relie au couple unité-pluralité, le mouvement se concevant mieux dans la pluralité que dans l'unité. Quant au couple lumière-obscurité, il semble qu'il faille, outre une relation avec le rôle du feu chez les Pythagoriciens (voir ci-après), le rapprocher du couple limité-illimité ; la lumière est en effet associée à la détermination des choses, tandis que l'obscurité les indifférencie. Ce qui n'est pas sans ambiguïté, car chez les Pythagoriciens on trouve aussi bien la conception du nombre qui « limite » l'illimité et le met en forme que celle de l'illimité qui sépare les choses et les délimite, si bien que la lumière, au lieu d'être du côté du limité, pourrait fort bien être du côté de l'illimité, où elle serait une sorte de « vapeur claire » s'insinuant entre les choses, les différenciant et les rendant visibles.

Ce choix de certains couples éclaire un peu le mode de fonctionnement de la physique des contraires, en conjonction avec le principe d'harmonie ; mais tout cela reste encore assez obscur et, en tout cas, bien éloigné de la physique telle que nous la concevons aujourd'hui (alors que la mathématique et la musique pythagoriciennes nous semblent moins étrangères).

Enfin, la tradition veut que les Pythagoriciens, et notamment Hippiasos, aient accordé une importance particulière au feu dans leur physique. On en verra une illustration dans l'astronomie, mais, à part cela, on n'en trouve guère de traces précises. On notera que chez Parménide (voir chapitre suivant), qui est un peu postérieur à Pythagore et à qui on reconnaît souvent une formation pythagoricienne, il y a une importance particulière accordée aux couples feu-terre, lumière-obscurité, chaud-froid ; que chez Empédocle (voir chapitre V), le feu est souvent opposé aux trois autres éléments (terre, eau, air) ; et enfin que dans le *Timée* de Platon, que nous avons précédemment évoqué comme d'inspiration pythagoricienne, les deux éléments premiers sont la terre et le feu (l'eau et l'air sont introduits comme « médiétés » entre la terre et le feu, car il faut deux médiétés pour réunir les solides – c'est-à-dire les nombres « volumiques », associés aux particules polyédriques ; voir page 145 la question des moyennes géométriques entre deux cubes – ; de sorte que le feu est à l'air ce que l'air est à l'eau, et ce que l'eau est à la terre). Cette importance particulière du feu, qu'il soit opposé à la terre ou aux trois autres éléments, chez des auteurs postérieurs à Pythagore et souvent d'inspiration pythagoricienne, pourrait éclairer cette

question. Sans oublier Héraclite. Peut-être y a-t-il ici les traces d'une influence mythique (orphique ?), comparable à celle qu'a vraisemblablement subie Héraclite. Peut-être le feu est-il simplement pris comme forme concrète de la lumière, lumière qui limite et détermine (les choses composées de terre, d'eau et d'air). Est-il alors comparable à l'illimité qui sépare les choses, est-il une vapeur claire qui s'insinue entre elles ? Est-il au contraire une puissance déterminante, mâle, imposant des formes limitées à la terre, élément femelle et substance devant être « mise en forme » ? Il est quasiment impossible de répondre.

L'articulation de ces trois principaux centres d'intérêt – limité/illimité, rôle du nombre, opposition des contraires – n'est ni simple, ni évidente. Il court à travers ces préoccupations le fil conducteur de l'opposition pair/impair (illimité/ limité, femelle/mâle) qui assure une certaine unité. Le rôle du nombre et la physique des contraires sont reliés par l'intermédiaire de la notion d'harmonie ; laquelle pourrait peut-être aussi intervenir soit en tant qu'elle « informerait » un substrat illimité, soit en tant qu'elle contrebalancerait l'action séparatrice de l'illimité en associant les choses différenciées dans des figures données (et « harmoniques »). Mais d'une manière générale, il ne semble pas y avoir une unité logique dans cette physique, qui est très largement mystique et beaucoup moins concrète que la physique des Milésiens.

Ainsi, il n'y a apparemment pas de recherche d'un élément primordial. L'air indéfini que le monde respire est peut-être, comme chez Anaximène, le substrat des choses, mais c'est aussi l'illimité qui sépare et limite celles-ci. Les Milésiens ne connaissaient pas la notion de matière (dans son sens général de substrat distinct de la forme, indépendamment des qualités que ce substrat peut avoir par ailleurs), mais leur notion d'élément primordial rendait leur physique très concrète. Le seul point concret de la physique pythagoricienne serait l'ébauche d'une physique particulière, dans laquelle les unités (qui composent les nombres et les choses) ont une épaisseur et une consistance tout en étant indivisibles, ce sont des atomes (conception qui serait due à Ekphantos, qui aurait été un Pythagoricien de la fin du ^{ve} siècle av. J.-C., mais dont l'existence n'est pas assurée). Cette conception, qui fait une sorte de jonction entre le pythagorisme et l'atomisme, ne semble pas avoir été très développée, et traduit surtout une incertitude dans le statut du nombre (abstraction ou réalité concrète ; si c'est une abstraction, comment régit-il la nature à laquelle il n'appartient pas ?).

Les Pythagoriciens ont admirablement contribué à la naissance et au développement des mathématiques, dont ils avaient une approche largement mystique. En revanche, leur physique a souffert de cette mystique « pan-mathématique » et, à de rares exceptions près (la musique), ils ne sont pas parvenus à « accrocher » à la nature les principes mathématiques (ce que fera Galilée). On les créditera cependant de l'invention d'une sorte de rationalisme mathématique en physique, parfois quelque peu abusif :

À l'époque de Leucippe et de Démocrite (*Atomistes*), et même déjà avant eux, ceux qu'on appelle les Pythagoriciens s'intéressèrent les premiers aux mathématiques et les firent progresser. Comme ils avaient été élevés dans cette science, ils crurent que ses principes étaient les principes de toutes choses ; et, puisque par nature les nombres sont les premiers des principes mathématiques, c'est dans les nombres qu'ils pensaient voir de nombreuses similitudes avec les êtres éternels ainsi qu'avec les créatures soumises au devenir, bien plus encore que dans le feu, la terre et l'eau (c'est ainsi que telle propriété des nombres représentait la justice, telle autre l'âme et l'intellect, telle autre le moment opportun et de même pour à peu près tout ce qui leur ressemblait) ; puisqu'en outre, ils voyaient que les propriétés et les rapports musicaux étaient exprimables par des nombres, et puisque enfin, toutes les autres choses étaient, de toute évidence, à la ressemblance des nombres, qui eux-mêmes étaient premiers dans tout ce que comporte la nature, ils formèrent l'hypothèse que les éléments des nombres sont les éléments de toutes choses, et que le ciel tout entier est harmonie et nombre. Toutes les concordances qu'ils pouvaient mettre en évidence dans les nombres et la musique avec les phénomènes et les parties du ciel ainsi qu'avec l'ordonnance universelle, ils les rassemblèrent pour les incorporer à leur système. Et, quand ils remarquaient quelque part une lacune, ils se hâtaient d'ajouter un maillon pour assurer la parfaite cohérence de leur système. (*Aristote, Métaphysique, A, V, 985 b 23*)

On verra un exemple d'une telle addition hâtive dans l'astronomie. On retiendra ici ce goût de la cohérence de la théorie, et la primauté des principes mathématiques sur la nature même (puisqu'on ajoute des éléments à la nature pour qu'elle corresponde à la théorie). Mais cette cohérence n'est pas parfaitement rationnelle, elle use d'analogies et fait la part belle à la mystique. Quoi qu'il en soit, avec toutes ses imperfections, c'est là le deuxième grand courant de pensée à l'origine de la science. Les Milésiens avaient sorti du mythe l'explication de la nature, avaient élaboré une physique très concrète et « naturelle ». Les Pythagoriciens semblent réintroduire le mythe dans l'étude de la nature par le biais d'une mystique mathématique ; mais, ce faisant, ils donnent à cette étude un outil puissant (même s'il faudra quasiment attendre Galilée pour qu'on sache vraiment l'utiliser). De plus, ils ouvrent la voie à la philosophie platonicienne des Idées et au rationalisme. En cela ils complètent bien l'école de Milet dans le début d'une pensée qu'on pourrait qualifier de scientifique.

L'ASTRONOMIE

Tout comme pour les mathématiques et la physique, il est difficile de dire à qui revient telle ou telle conception astronomique parmi les Pythagoriciens, difficile même souvent de préciser ce qu'étaient ces conceptions dont ne nous sont parvenues que des traces. Sans même compter ici que ces théories astronomiques n'étaient peut-être pas totalement unifiées entre les différents membres de la secte, et qu'elles ont dû varier au cours des deux siècles qui nous intéressent.

Nous allons d'abord exposer quelques connaissances fragmentaires attribuées aux Pythagoriciens, puis le modèle général du mouvement des astres conçu par Philolaos.

Un des plus vieux Pythagoriciens, Alcméon de Crotone, aurait considéré que les planètes ont un mouvement circulaire propre en sens inverse de celui de la voûte céleste (étoiles « fixes »), et que c'est la composition de ces deux mouvements qui leur donne leur aspect errant. Le principal intérêt de cette remarque est mis en évidence par la comparaison avec la conception d'Anaximène (qui est à peu près contemporain d'Alcméon, ou un peu antérieur). Pour Anaximène (si ce que rapporte la tradition est bien interprété), ce serait la résistance de l'air qui perturbe le mouvement régulier des planètes ; pour Alcméon, l'errance des planètes devient composition de deux mouvements circulaires différents. Les deux thèses sont bien caractéristiques des deux écoles : pour l'une une physique très concrète et « matérielle », pour l'autre un rationalisme mathématique (la composition géométrique de deux mouvements plutôt que la résistance de l'air).

Toujours à propos des planètes, notons que c'est à Pythagore lui-même qu'on attribue la découverte de l'identité de l'étoile du soir et de l'étoile du matin (Vénus) ; mais c'est là une connaissance établie depuis longtemps en Mésopotamie, et peut-être en Égypte ; Pythagore n'en a sans doute été que l'importateur.

Il est également très probable qu'il y eut importation d'autres notions, comme celle d'écliptique (et de zodiaque), de division du ciel en différentes zones (équateur céleste, tropiques), au cours du ^{ve} siècle av. J.-C., et même auparavant. La tradition des voyages de Pythagore (mais aussi d'autres philosophes), les contacts entre le monde grec et l'Égypte (commerce) et avec la Mésopotamie (extension de l'Empire perse), rendent de telles importations très vraisemblables, sans qu'on puisse bien sûr en donner le détail et dire le rôle joué ici par Pythagore et les Pythagoriciens. À un autre Pythagoricien, plus récent puisque c'est Archytas, on doit une « démonstration » célèbre de l'infinitude de l'univers :

Au dire d'Eudème. Archytas posait ainsi le problème : « Si je me trouvais à la limite extrême du ciel, autrement dit sur la sphère des fixes, pourrais-je tendre au-dehors la main pu un bâton, oui ou non ? Certes, il est absurde que je ne puisse pas le faire ; mais, si j'y parviens, cela implique l'existence d'un dehors, corps ou lieu » [...]. On avancera donc sans cesse, de la même manière, vers la limite sans cesse atteinte, en posant la même question et, comme ce qu'atteindra le bâton sera sans cesse autre, il est clair que cet autre est aussi illimité. (*Simplicius, Commentaire sur la Physique d'Aristote*, 467, 26)

Il est très probable que c'est aux Pythagoriciens que l'on doit la première conception de la sphéricité de la Terre, et des astres en général (notons cependant que certains textes semblent attribuer à Alcméon une conception où les astres sont des disques, et que la sphéricité de la Terre – comme celle du monde – est aussi attribuée à Parménide ; ce dernier passant pour avoir eu une formation pythagoricienne, il est très possible qu'en ce domaine il n'ait fait que refléter les connaissances astronomiques de la secte). Pour les Pythagoriciens, il semble d'ailleurs que le monde entier ait été sphérique. Cette sphéricité, tant de l'univers

que de la Terre et des astres, n'était pas justifiée par une quelconque observation astronomique, mais par le fait que la sphère était considérée comme une forme parfaite. On retrouve ici une préoccupation qui relève de la pure esthétique mathématique (un peu comme celle qui faisait Anaximandre placer la Terre au centre du monde), et qui en tant que telle ressortit d'une certaine manière au rationalisme mathématique (et à la mystique).

On doit également aux Pythagoriciens la découverte de la rotation de la Terre. On avance à ce sujet les noms de Philolaos et d'Hicétas de Syracuse. On verra ci-dessous que le modèle de Philolaos fait tourner la Terre autour d'un feu central, sans qu'apparemment il y soit fait mention de sa rotation sur elle-même. Ce serait à Hicétas de Syracuse que reviendrait la découverte de ce mouvement par lequel il expliquait la rotation du ciel (on cite aussi parfois Ekphantos) ; ce qui est très hypothétique, alors que l'expulsion de la Terre du centre du monde et son mouvement de rotation autour d'un feu central est à porter au crédit de Philolaos de manière quasiment certaine. On va maintenant exposer ce modèle, qui a sans doute influencé Héraclide du Pont (IV^e siècle av. J.-C.) (la Terre tourne sur elle-même au centre du monde) et Aristarque de Samos (III^e siècle av. J.-C.) (la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil), ainsi que Copernic (qui reconnaissait lui-même l'influence des Pythagoriciens). Avant d'en venir à ce modèle proprement dit, on trouvera dans l'encadré 145 un choix de fragments concernant l'astronomie de Philolaos.

145. L'ASTRONOMIE SELON PHILOLAOS

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Le monde est un ; il a commencé à naître à partir du centre et dans les mêmes proportions vers le haut et vers le bas. [Car] ce qui est situé au-dessus par rapport au centre est inverse de ce qui est situé au-dessous ; car le centre est comme le plus au-dessus pour ce qui est tout en bas, et il en va de même pour le reste ; car par rapport au centre, les [directions] sont identiques, à ceci près qu'elles sont inversées. (*Stobée, Choix de textes*, I, XV, 7) (*Il faut peut-être comprendre ce fragment obscur comme une tentative de description d'un monde sphérique avec une prédominance du centre, à la fois historiquement – il est l'origine – et structurellement – il est la référence.*)

2. Pour Philolaos, c'est le feu qui occupe le milieu [de l'univers] dans la région du centre, qu'il dénomme d'ailleurs foyer de l'univers, demeure de Zeus, mère des dieux et encore autel, rassembleur et mesure de la nature. De plus, c'est un autre feu qui tout là-haut constitue l'enveloppe de l'univers. Le milieu est par nature premier, et autour de lui mènent leur ronde dix corps divins : [le ciel et après lui la sphère des fixes], les cinq planètes auxquelles il ajoute le Soleil, sous le Soleil la Lune, sous la Lune la Terre et sous la Terre l'Anti-Terre. C'est après eux tous que se situe le feu qui occupe la place du

foyer central. Philolaos appelle Olympe la partie la plus haute, l'enveloppe où l'on trouve les éléments les plus purs ; ce qu'il appelle Cosmos, c'est l'espace qui s'étend sous la rotation de l'Olympe, où se trouvent les cinq planètes ainsi que le Soleil et la Lune, et il nomme Ciel la région sublunaire proche de la Terre et située sous les planètes, qui est le domaine de la génération de ce qui est apte au changement. Dans le monde des corps célestes fixes, la sagesse règne, alors que le monde désordonné des choses en devenir connaît la vertu ; la sagesse est parfaite, la vertu imparfaite. (*Aétius, Opinions, II, VII, 7*) – Le Pythagoricien Philolaos affirme que c'est le feu qui occupe le milieu de l'univers [...] ; en deuxième lieu vient l'Anti-Terre, puis en troisième lieu la Terre, habitée, située [à l'opposé] et tournant à l'inverse de l'Anti-Terre. C'est ce qui explique que les habitants de la Terre sont dans l'impossibilité de voir ceux de l'Anti-Terre. (*Ibid., III, XI, 3*) – Pour le Pythagoricien Philolaos, le Soleil est fait de cristal et reçoit la réverbération du feu contenu dans le monde. (*Ibid., II, XX, 12*) – Pour certains Pythagoriciens, dont Philolaos, il est évident que la Lune est faite de terre, parce que – comme elle – elle est habitée sur toute sa surface par des animaux et des végétaux, encore plus grands et plus beaux. (*Ibid., II, XXX, 1*)

3. Il est le premier à avoir affirmé que la Terre tourne en rond, à moins que ce ne soit Hicétas de Syracuse, comme d'autres le disent. (*Diogène Laërce, Vies, VIII, 85*) – Pour les uns [la Terre] ne bougerait pas ; mais Philolaos pense, lui, qu'elle est animée d'un mouvement de rotation autour du feu, suivant le cercle de l'écliptique, tout comme le Soleil et la Lune. (*Aétius, Opinions, II, XIII, 1 et 2*) (*La rotation de la Terre selon Philolaos se ferait donc autour d'un feu central, qui n'est pas le Soleil ; Cicéron croit, après Théophraste, que la rotation conçue par Hicétas de Syracuse est la rotation de la Terre sur elle-même apparemment au centre d'un univers immobile ; Hippolyte attribue à Ekphantos cette conception d'une Terre centrale tournant sur elle-même – comparer à l'astronomie d'Héraclide du Pont, dont Aétius rapproche Ekphantos ; le même Aétius attribue à Hicétas la connaissance de l'Anti-Terre qu'utilise Philolaos*)

4. C'est Philolaos qui a publié que l'année naturelle comptait trois cent soixante-quatre jours et demi. (*Censorinus, Du jour de la naissance, XIX, 2*) – L'année du Pythagoricien Philolaos comprend tous les cinquante-neuf ans une année supplémentaire, de vingt et un mois intercalaires. (*Ibid., XVIII, 8*) (*59 années lunaires de 354 jours (soit 12 mois de 29, 5 jours) plus 21 mois lunaires de 29, 5 jours font 21505, 5 jours, soit 59 années de 364, 5 jours ; un tel cycle a-t-il réellement été utilisé dans le calendrier au temps de Philolaos ?*)

Comme on l'a dit dans la partie consacrée à la physique, il semble que Philolaos ait distingué plusieurs parties dans l'univers (fragment 2 de l'encadré 145) : la partie la plus élevée, qui correspond aux astres fixes, est appelée Olympe (c'est le séjour des dieux) ; ensuite vient le Cosmos (c'est-à-dire : ce qui est ordonné), qui comprend les planètes, le Soleil et la Lune ; et enfin la région

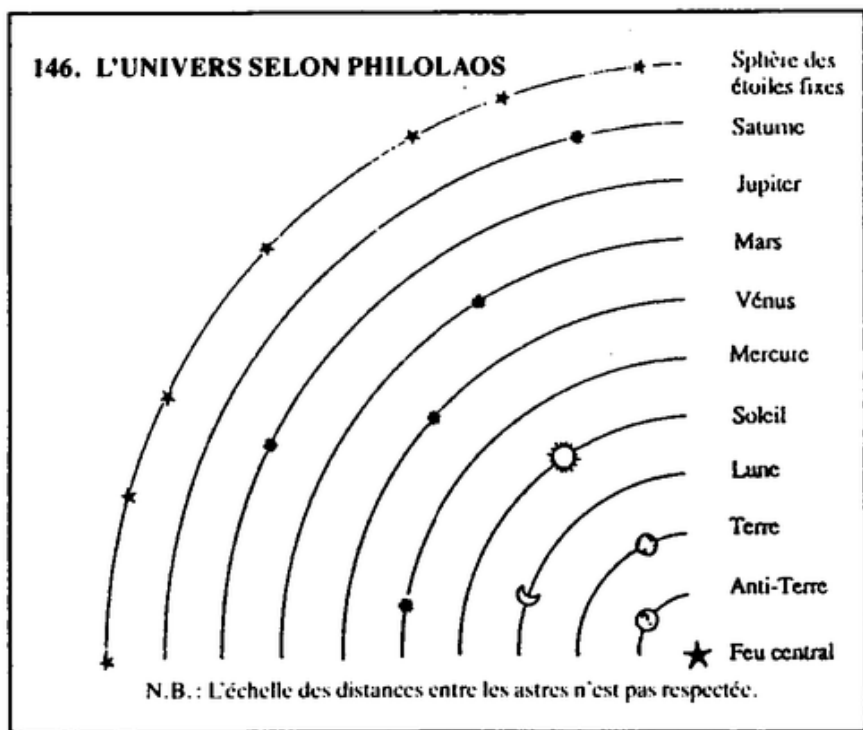
sublunaire, qui est le Ciel à proprement parler. On remarquera qu'une telle représentation du monde s'accorde mieux avec l'idée d'une position centrale de la Terre qu'avec celle attribuée à Philolaos d'une Terre décentrée et tournant autour d'un feu central. Il est donc très possible qu'il s'agisse là d'une thèse pythagoricienne plus ancienne que Philolaos, attribuée par erreur à celui-ci (on pense en général que Pythagore mettait la Terre au centre du monde ; voir aussi chez Héraclite, qui est antérieur à Philolaos, la distinction d'une zone sublunaire « impure » (c'est-à-dire, dans une optique pythagoricienne, ne satisfaisant pas à la régularité mathématique des mouvements des astres). Si Philolaos avait adopté cette représentation, le feu central se serait trouvé dans la région sublunaire ; or, ce feu ne peut pas être « impur », puisqu'il est le siège de la divinité. On considérera donc plutôt cette distinction de trois parties (Olympe, Cosmos, Ciel) comme une thèse pythagoricienne plus ancienne.

Venons-en au modèle de Philolaos proprement dit ; il est représenté dans l'encadré 146. Au centre du monde est placé un feu (différent du Soleil), puis vient l'Anti-Terre, ensuite la Terre, la Lune, le Soleil, les cinq planètes, et enfin la sphère des étoiles fixes. Tous ces astres tournent autour du feu central (parfois, on évoque aussi un feu qui se trouverait à la périphérie du monde, au-delà des étoiles fixes et dont celles-ci seraient la manifestation). Il est bien évident que, pour que ce modèle rende compte du mouvement régulier des cieux, les mouvements circulaires de ces astres se font selon des vitesses précises (ayant entre elles certains rapports mathématiques), le diamètre de leurs orbites étant également déterminé selon certains rapports. On va évoquer successivement chacun de ces astres, en commentant leurs caractéristiques.

Le feu central n'est pas le Soleil (mais, c'est lui qui fournit sa lumière au Soleil – voir ci-après). C'est le siège de la divinité (dont l'identité est variable selon les sources) qui règle le mouvement de l'ensemble de l'univers. On pense évidemment au feu qui, chez Héraclite, s'assimile plus ou moins au *Logos* qui régit le monde. La manière dont ce monde s'est formé n'est pas indiquée ; le fragment 1 de l'encadré 145 précise toutefois qu'il a commencé à se former à partir du centre ; si cette thèse est authentique, cela voudrait peut-être dire qu'il s'est formé à partir de ce feu central ; on rejoindrait alors la tradition qui à Héraclite associe le Pythagoricien Hippiasos dans la conception où le feu est le principe du monde (conception qui a peut-être une origine mythique). Plus concrètement, on peut se demander comment il se fait que, de la Terre, on ne voie pas ce feu central ; on en reparlera quand on étudiera le mouvement de la Terre.

L'Anti-Terre se trouve entre la Terre et le feu central, du moins son orbite, car sa position dépend évidemment de sa vitesse sur celle-ci. Aristote prétend qu'elle a été inventée pour porter à 10 (la *tétractys*) le nombre des astres (en comptant la sphère des fixes comme un astre, mais pas le feu central) ; c'est tout à fait vraisemblable, mais il existe aussi une autre possibilité. L'Anti-Terre pourrait en effet avoir pour fonction d'expliquer les éclipses de Lune et de Soleil. Anaxagore (qui est antérieur à Philolaos) avait découvert le principe des éclipses, et le fait

que la lumière de la Lune est la réflexion de celle du Soleil ; il avait en outre supposé l'existence de corps obscurs, dont l'interposition, en plus de celle de la Lune (ou de la Terre) expliquait ces éclipses. Cette Anti-Terre pourrait avoir joué, chez Philolaos, comme un de ces corps obscurs. Tout comme pour le feu central, se pose la question de l'invisibilité de l'Anti-Terre depuis la Terre. On peut imaginer plusieurs solutions : soit que c'est elle qui masque ce feu central en étant toujours juste entre lui et la Terre (l'Anti-Terre n'ayant pas de lumière propre serait invisible, sa position empêchant par ailleurs qu'elle réfléchisse celle du feu central), soit qu'au contraire elle se trouve toujours en opposition à la Terre par rapport au feu central (ce qui lui évite aussi toute réflexion de lumière en direction de la Terre, mais pose le problème de la visibilité du feu central), soit enfin qu'on l'explique de la même manière que l'invisibilité du feu central (voir ci-après).



La Terre vient après l'Anti-Terre. C'est le premier modèle de l'univers où la Terre n'est pas centrale et où elle est dotée d'un mouvement circulaire sur une orbite. Le modèle ne parle pas d'une rotation de la Terre sur elle-même ; mais une telle rotation reste la meilleure manière d'expliquer l'invisibilité du feu central. Il faudrait supposer que nous n'habitons qu'un seul côté de la Terre, celui qui est opposé au feu central (d'où le fait que nous ne le voyons pas) et que, pour que la Terre présente toujours le même côté à ce feu (celui que nous n'habitons pas), elle tourne sur elle-même dans le même temps qu'elle effectue une révolution sur son orbite (exactement comme la Lune présente toujours la même face à la Terre, parce qu'elle tourne sur elle-même dans le même laps de temps

qu'elle tourne autour de la Terre). Ce qui expliquerait également l'invisibilité de l'Anti-Terre. On ne connaît pas l'explication que donnait Philolaos, s'il en donnait une ; au cas où ce serait celle-ci, il faudrait lui attribuer la découverte de la rotation de la Terre sur elle-même (ou, plus exactement, d'avoir été le premier à formuler cette hypothèse).

Si l'on en croit ce que dit Aétius (fragm. 2 de l'encadré 145), la Lune aurait été tout à fait comparable à la Terre, aux dimensions près. Il faut croire alors qu'elle n'avait pas de lumière propre dans le modèle de Philolaos, mais reflétait celle du feu central (Anaxagore avait déjà dit que la Lune ne fait que réfléchir la lumière du Soleil ; Philolaos aurait transposé cette idée au feu central).

C'est d'autant plus vraisemblable que, dans ce modèle, le Soleil lui-même ne fait que réfléchir la lumière du feu central (fragm. 2 de l'encadré 145). On pourrait en induire que ses éclipses sont expliquées par l'interposition de l'Anti-Terre, de la Terre ou de la Lune, entre lui et ce feu central. Le problème le plus immédiat provient toutefois de la position et du mouvement du Soleil plutôt que de l'origine de sa lumière : comment expliquer dans ces conditions l'alternance du jour et de la nuit ? On doit supposer que les vitesses de la Terre et du Soleil sur leurs orbites sont dans des rapports adéquats, non seulement pour rendre compte de l'alternance du jour et de la nuit mais aussi de la variation de la longueur du jour. On sait que, dans ce modèle, les astres sont supposés avoir des vitesses différentes, mais c'est pour expliquer une harmonie des sphères, et non le jour et la nuit. À part cela, il ne reste rien de ce qu'a pu dire Philolaos sur cette question.

Il ne reste rien non plus de l'explication qu'il a pu donner de l'errance des planètes (peut-être adoptait-il la conception d'Alcméon en les faisant tourner en sens inverse de celui des astres « fixes »).

Les rayons des orbites des astres seraient, d'après Plutarque, les suivants : si le rayon du feu central est 1, le rayon de l'orbite de l'Anti-Terre est 3, de la Terre 9, de la Lune 27, de Mercure 81, de Vénus 243, du Soleil 729 (729 est à la fois un carré et un cube, 27^2 et 9^3 , d'où le nom de carré-cube donné au Soleil), et ainsi de suite par multiplications par 3 successives. On doit d'abord noter que cet ordre des astres ne correspond pas à celui qui veut que les cinq planètes soient situées au-delà du Soleil (sans que leur ordre soit indiqué) ; ici Mercure et Vénus sont distinguées des planètes supérieures et placées entre la Lune et le Soleil. Était-ce l'ordre donné par Philolaos ? C'est possible (comparer à l'astronomie mésopotamienne), mais on ne peut l'affirmer. On remarquera ici encore les effets de la mystique des nombres : les rayons des orbites des astres sont choisis selon une progression de raison 3 pour des motifs totalement irrationnels (soit l'esthétique mathématique, soit la mystique, soit pour accord avec l'harmonie des sphères – voir ci-dessous) (pour Anaximandre, les cercles des astres fixes, de la Lune et du Soleil étaient 9, 18, 27). Toujours dans le cadre de cette mystique mathématique, Philolaos aurait cherché à expliquer certaines caractéristiques astronomiques en inscrivant dans le cercle des orbites des astres divers polygones réguliers. Ainsi, les 12 signes du zodiaque sont déterminés par un dodécagone,

deux hexagones, trois carrés ou quatre triangles équilatéraux ; l'inclinaison de l'écliptique, par l'angle sous-tendu par le côté du pentadécagone (soit 24°, un peu plus que la valeur réelle), etc. Si le décentrement et le mouvement de la Terre ont pu inspirer Copernic, ce rôle des polygones dans l'astronomie de Philolaos fait penser à l'utilisation que fera Kepler des polyèdres réguliers (qui s'inscrivent dans – et circonscrivent les « sphères » des planètes).

D'une telle influence témoigne le titre de l'ouvrage de Kepler, *L'Harmonie du Monde* (1619). La conception d'une harmonie céleste ou harmonie des sphères (parce que les astres étaient supposés fixés sur des sphères, au moins dans le modèle qu'Eudoxe proposa au IV^e siècle av. J.-C.) est en effet d'origine pythagoricienne. Elle repose sur la croyance des Pythagoriciens en ce qu'un objet en mouvement émet un son, d'autant plus aigu que le mouvement est rapide. Les astres émettaient donc des sons en fonction de leur vitesse (et sans doute en fonction du rayon de leurs orbites auquel cette vitesse devait être rattachée). D'après Aristote, les Pythagoriciens pensaient que, si on n'entendait pas ces sons, c'était simplement parce qu'on y était habitué depuis toujours (comme le forgeron ne perçoit plus le tapage de sa forge à force de l'entendre).

Les sons émis par les astres devaient former une harmonie ; on ne sait pas très bien comment Philolaos obtenait de résultat puisqu'il n'y avait que 8 notes dans une « harmonie » (octave) pour les 10 astres mobiles de son modèle. Il y a eu diverses tentatives pour concilier ces deux données, sans qu'aucune soit bien convaincante. Nous citons dans l'encadré 147 un poème d'Alexandre d'Étolie (III^e siècle av. J.-C.) qui évoque cette harmonie, et l'interprétation qu'en donne R. Baccou quant aux sons à attribuer aux divers astres (noter qu'ici aussi Mercure et Vénus sont distingués des planètes supérieures et que l'Anti-Terre a disparu).

147. L'HARMONIE DES SPHÈRES

(Réf. : Baccou 1951)

La Terre, située près du centre (du monde), rend le son grave de l'hypate (*corde de la lyre*).

Et la sphère étoilée, la nète (*corde de la lyre*) qui lui répond ;

Le Soleil, du milieu des astres en errance, fait résonner la mèse (*corde de la lyre*),

Et le cercle glacé (*la sphère des fixes en « air congelé »*) est en accord de quarte ;

Phaïnon (*Saturne*) se détend de tout un demi-ton,

Et Phaeton (*surnom de la planète Jupiter*) de lui s'écarte, autant que le puissant Arès (*Mars*),

Car un ton au-dessous se trouve l'astre Hélios (*Soleil*) qui charme les mortels.

De l'éclat du Soleil jusques à Cythérée (*Vénus*), l'espace est de trois demi-tons ;

Un demi-ton plus bas se meut Hermès (*Mercure*), l'astre qui étincelle,

Puis Mênê (*la Lune*) colorant la nature aux multiples contours,

Enfin la Terre à qui, par rapport au Soleil, échet l'accord de quinte.
 Elle a cinq régions, de la brume (des pôles) aux flammes (des tropiques) (*il s'agit des régions délimitées par les tropiques et les cercles polaires*)
 Et s'accommode ensemble de la chaleur ardente et du froid glacial.
 Le Ciel, avec six tons, complète cette octave ;
 Or telle est la sirène qu'Hermès harmonise,
 La cithare heptacorde image de l'univers divin.
(Est-ce licence poétique ? L'harmonie musicale a peu à voir avec cette organisation des tons et des demi-tons ; cf. l'encadré 143)

Étoiles fixes (nète)			
		1/2 ton	} quarte
Saturne		1/2 ton	
Jupiter		1/2 ton	
Mars		1 ton	} octave
Soleil (mèse)		3/2 ton	
Vénus		1/2 ton	
Mercure		1/2 ton	} quinte
Lune		1 ton	
Terre (hypate)			

Il est peu probable que ce soit là la conception exacte de Philolaos. Quoiqu'il en soit, cette idée d'une harmonie céleste, outre qu'elle est en accord avec le fait que l'astronomie était une des quatre branches des mathématiques (avec la musique, l'arithmétique et la géométrie), montre jusqu'où était allé le souci de mathématiser l'univers et quelle était la méthode choisie pour cette mathématisation (avec la musique comme paradigme de la physique mathématique). Cette musique souligne bien que la conception pythagoricienne du monde dépassait le simple rationalisme mathématique pour être une véritable mystique ; mystique des mathématiques, mais aussi mystique de la connaissance, purification permettant d'approcher la vérité qui se manifeste dans l'ordre de l'univers.

En ce qui concerne la biologie et les sciences apparentées, la réputation de l'école pythagoricienne est moindre que dans le domaine des mathématiques et de l'astronomie. Théophraste, dans le *Des causes des plantes*, rapporte quelques considérations botaniques et agronomiques d'un Pythagoricien nommé Ménestor, qui distingue les plantes froides et les plantes chaudes selon divers caractères (nature du sol, résistance au gel, persistance du feuillage, etc.). Censorinus attribue à Hippon de Métaponte une théorie sur l'importance du nombre 7 dans la vie de l'homme, théorie qu'on trouve également dans la collection hippocratique (voir le chapitre VI) : l'embryon est achevé le 7^e jour après la conception, le fœtus est « mûr » le 7^e mois, les dents de lait apparaissent le 7^e mois après la naissance et tombent la 7^e année, la puberté se situe à 14 ans, etc. Philolaos, qui est sans doute le Pythagoricien dont l'activité a été la plus encyclopédique, aurait considéré, d'après Ménon, un élève d'Aristote, que le principe du corps est le chaud (la respiration aurait pour rôle de rafraîchir cette chaleur). Ce même Ménon lui attribue aussi des vues qui ne sont pas sans rappeler la théorie des humeurs d'Hippocrate, son contemporain. D'après le Pseudo-Jamblique, Philolaos aurait donné quatre « principes » à l'homme :

Le cerveau est le principe de l'intellect, le cœur celui de l'âme et de la sensation, le nombril celui de l'enracinement et de la pousse de l'embryon, le sexe celui de l'émission de la semence et de la génération. Le cerveau représente le principe de l'homme, le cœur celui de l'animal, le nombril celui de la plante, et le sexe le principe commun à toutes les créatures quelles qu'elles soient : car c'est toujours à partir d'une semence qu'elles germent et se développent. (*Pseudo-Jamblique, Théologoumènes arithmétiques*)

Mais l'essentiel des conceptions biologiques et médicales des Pythagoriciens vient d'Alcméon de Crotone « qui était encore jeune homme quand Pythagore était déjà vieux » (ce qui le fait vivre à la fin du VI^e et au début du V^e siècle av. J.-C.). On le rattache à l'école pythagoricienne sans savoir s'il en a vraiment fait partie, ou s'il a eu un chemin parallèle (peut-être parfois commun). Comme la plupart des savants de cette époque, il n'était pas spécialisé ; c'est lui qui, le premier, a proposé d'expliquer l'errance des planètes en leur donnant un mouvement propre vers l'est, combiné avec le mouvement général du ciel vers l'ouest ; mais ce sont surtout ses conceptions biologiques qui sont restées célèbres ; ce sont les plus anciennes théories en ce domaine qui nous soient parvenues de la Grèce (avec celles d'Anaximandre), et certaines d'entre elles resteront vivantes très longtemps (jusqu'à la Renaissance), via Hippocrate de Cos. L'encadré 148 présente quelques fragments d'auteurs anciens s'y rapportant.

On pense qu'il pratiqua la dissection et il serait peut-être l'auteur de l'observation selon laquelle les artères sont vides de sang dans les cadavres, au

contraire des veines. Une telle observation ne peut guère se comprendre que dans la dissection d'un animal saigné ; les artères ont une paroi rigide, elles restent béantes (et pleines d'air) après le sacrifice de l'animal, tandis que la paroi des veines, qui est souple, s'affaisse sous la dépression de sorte que le peu de sang qui reste paraît les remplir. Il faut cependant noter que, sur un cadavre non saigné, il se forme parfois une dépression qui aspire le sang vers les veines, les artères s'emplantant alors d'air quand on les ouvre. Si Alcmeon a vraiment fait une telle observation, cela expliquerait une erreur constante dans la médecine grecque (chez Empédocle et Hippocrate notamment), erreur qui consiste en l'assimilation des artères et des voies respiratoires (trachée-artère et bronches), et la mise en communication directe du système circulatoire et du système respiratoire (voir notamment l'explication des mouvements du sang chez Empédocle, chapitre V, ou le rôle dévolu aux artères chez Hippocrate : apporter l'air aux organes, chapitre VI). Comme on retrouve dans toute la médecine grecque, et particulièrement chez Empédocle et Hippocrate, une conception de la santé et de la maladie attribuée à Alcmeon, il se pourrait bien que ce soit chez cet auteur qu'ils aient également pris cette erreur.

148. LA BIOLOGIE ET LA MÉDECINE SELON ALCMÉON

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Parmi les auteurs qui n'expliquent pas la sensation par le semblable (*c'est-à-dire du semblable par le semblable, comme le fera Empédocle, voir ci-après*), Alcmeon est le premier à préciser la différence entre les animaux et les hommes. Selon lui, en effet, ce qui sépare l'homme des autres animaux, c'est qu'il est le seul à disposer de la conscience (*intelligence*), alors que les autres ont des sensations sans avoir la conscience. Car ce n'est pas une seule et même chose que penser et éprouver des sensations, [...] L'ouïe, dit-il, met en jeu les oreilles ; car elles contiennent du vide qui résonne [c'est-à-dire qu'il sonne creux] et l'air répercute le son [rendu par le vide]. L'odorat, lui, met en jeu le nez, organe qui, en même temps que l'on respire, fait pénétrer le souffle jusqu'au cerveau. L'organe du goût est la langue, tiède et souple, dont la chaleur fait fondre [les aliments], et sa texture, poreuse et tendre, lui permet de recevoir d'abord et de donner. La vision, elle, s'effectue à travers l'eau qui baigne les yeux ; qu'ils contiennent du feu, c'est une évidence : la preuve est qu'un choc

[sur l'œil] provoque des étincelles. Pour qu'il y ait vision, il faut quelque chose de brillant et, face à lui, quelque chose de transparent qui émette soi-même de la lumière ; la netteté de la vision est d'autant plus grande que [l'échange lumineux] est plus pur. Toutes ces sensations sont acheminées au cerveau selon un certain processus ; et c'est au cours de cette transmission qu'interviennent des altérations de la perception quand le sujet bouge

ou qu'il se déplace : car il y a alors compression des conduits par où passent les sensations. Alcméon ne dit rien du toucher, ni comment ni par quel organe sensoriel on touche. (*Théophraste, Du sens, 25-26*)

2. Il faut donc expliquer quelle est la nature de l'œil ; à ce sujet, la plupart des auteurs, et plus particulièrement Alcméon de Crotoné – spécialiste des recherches sur la nature et le premier à avoir osé entreprendre une dissection –, Callisthène, le disciple d'Aristote, et aussi Hérophile ont fait la lumière sur nombre de points importants. (*Suit une description sommaire des yeux et des nerfs optiques, qu'il serait aventuré d'attribuer à Alcméon, même s'il a pu faire des dissections.*) (*Chalcidius, Commentaire sur le Timée*)

3. Pour Alcméon, [la semence] est une partie du cerveau. (*Aétius, Opinions, V, III, 3*) (*Censorinus, lui, prétend qu'Alcméon repoussait la conception selon laquelle la semence était un écoulement de la moelle*) – L'hégémonique (la conscience) a son siège dans le cerveau. (*Ibid., IV, XVII, 1*) – C'est la tête, où est située la partie maîtresse de l'âme, [qui se forme la première dans le ventre de la mère]. (*Ibid., V, XVII, 3*) – C'est par tout le corps que [l'embryon] se nourrit ; son corps fonctionnerait en effet comme une éponge et attirerait à lui ce qui dans la nourriture est propre à le nourrir. (*Ibid., V, XVI, 3*) – Alcméon affirme que c'est le reflux du sang dans les artères qui provoque le sommeil et que le réveil coïncide avec le flux sanguin ; la mort, elle, serait le reflux définitif du sang. (*Ibid., V, XXIII, 1*) – Le sexe du nouveau-né est celui du parent dont la semence a été la plus abondante, selon Alcméon. (*Censorinus, Du jour de la naissance, VI, 4*)

4. Selon Alcméon, c'est l'équilibre des puissances, comme l'humide et le sec, le froid et le chaud, l'amertume et la douceur, etc., qui produit et conserve la bonne santé ; c'est au contraire la prédominance de l'une d'elles qui provoque la maladie et, quand deux de ces puissances prédominent, la mort s'ensuit. La maladie survient d'une part, pour ce qui est de l'agent, du fait d'un excès de chaleur ou de froid, d'autre part, pour ce qui est de la cause matérielle, du fait d'une abondance ou d'un manque de nourriture, et d'autre part enfin, pour ce qui est des lieux, du fait qu'[elle a affecté] soit le sang, soit la moelle, soit le cerveau. Ces parties peuvent aussi être affectées par des causes externes, comme certaines qualités des eaux, certains climats, la fatigue ou la violence subie, ou tout ce qui s'en rapproche. Mais, pour en revenir à la bonne santé, elle est le mélange harmonieux des qualités. (*Aétius, Opinions, V, XXX, 1*) (*Ces définitions de la santé et de la maladie rappellent très fortement celles d'Hippocrate de Cos ; soit qu'Hippocrate n'ait fait que perpétuer une tradition plus ancienne, soit qu'Aétius attribue à Alcméon des conceptions hippocratiques par anachronisme. Remarquer par ailleurs l'aspect aristotélicien de la terminologie qu'Aétius prête à Alcméon.*)

5. Selon [Alcméon, l'âme] est immortelle à cause de sa ressemblance avec les êtres immortels, et cette ressemblance lui vient de ce que l'âme ne cesse de se mouvoir : ne sont-ils pas animés d'un mouvement continu et éternel, tous les êtres divins. Lune, Soleil, tous les astres et le ciel tout entier ? (*Aristote, De*

l'âme, I, II, 405 a 29) – Alcméon affirme que ce qui fait que les hommes meurent c'est qu'il ne leur est pas possible de joindre le commencement et la fin. (Pseudo-Aristote, *Problèmes, XVIII, III, 916 a 33*)

Nous renvoyons à l'encadré 148 pour l'exposé des connaissances particulières qui lui sont attribuées. Une grande partie d'entre elles a trait aux sensations (que, selon Théophraste, il distingue de l'intelligence propre à l'homme – les animaux n'ayant que les sensations). On retrouvera plusieurs fois, notamment chez Empédocle et Anaxagore, une telle préoccupation ; cependant, Alcéméon (contrairement à Empédocle et Anaxagore qui sont plus « abstraits » en ce domaine) aborde le problème d'une manière très concrète et « naturelle », essayant de décrire un fonctionnement (différent pour chaque sens) plutôt que de poser le principe théorique de la sensation en général. Les explications qu'il donne sont assez proches de la vérité (dans leurs grandes lignes), à l'exception de la vision (qui est le sens le plus compliqué), où il introduit l'idée de l'existence d'un feu dans l'œil, théorie qui aura une longue existence. Cette préoccupation des sensations, du rapport avec l'intelligence (qu'il place dans le cerveau, alors que par la suite elle sera souvent placée dans le cœur), une telle préoccupation dépasse certainement le simple cadre médical et biologique, et ressortit à ce qu'on appellerait aujourd'hui la théorie de la connaissance (ce que conforte, à notre avis, le fait qu'Empédocle et Anaxagore, entre autres, aient cherché à formuler les principes de la sensation, sans les rapporter véritablement à la biologie). La connaissance ayant un statut particulier dans la philosophie pythagoricienne, en ce qu'elle est une activité purificatrice, il ne faut pas s'étonner de ce qu'il y ait eu un intérêt pour les sensations (et leur rapport à l'intelligence) en tant que moyens de connaissance. La distinction entre sensations et intelligence se comprendrait bien dans une optique pythagoricienne, en raison de l'importance accordée aux mathématiques et à la sorte de rationalisme mathématique *a priori* qu'ils utilisaient dans leur étude de la nature. Même si elle n'a jamais été explicitement conçue, l'idée que la connaissance est un acte de pure intelligence (et même intelligence mathématique) et que les sensations sont un obstacle à cette connaissance (dû à l'impureté du monde sublunaire), une telle idée devait être plus ou moins sous-jacente à la doctrine pythagoricienne (ce qu'il faudrait relier aux diverses obligations religieuses de la secte).

Très pythagoricienne aussi est l'idée selon laquelle l'âme est immortelle (cf. la métempsycose des Pythagoriciens) et qu'elle a un mouvement circulaire comme celui des astres ; ce à quoi on ajoute parfois que le corps est mortel, lui, parce qu'il ne parvient pas à faire se joindre le début et la fin (il n'a donc pas le mouvement circulaire éternel des astres). On retrouve dans une telle conception la perfection du cosmos (âme) et l'imperfection du monde sublunaire (corps), mais aussi l'assimilation de l'âme au mouvement des astres, et donc à une harmonie mathématique.

Enfin, la thèse d'Alcméon qui aura sans doute le plus long succès est celle de la santé et de la maladie. Pour lui, il y a dans l'homme une série de dualismes, que souvent on limite à sec/humide et froid/chaud (peut-être par une contamination des quatre racines d'Empédocle : terre, eau, air, feu). La santé est l'équilibre entre ces contraires, la maladie est le déséquilibre en faveur de l'un d'eux. C'est la conception qui sera celle de toute la médecine grecque et qui, dans sa forme de « théorie des humeurs » (Hippocrate), se prolongera dans la médecine occidentale jusqu'à la Renaissance. Cette opposition des contraires a déjà été rencontrée dans la physique pythagoricienne, chez Héraclite et Anaximandre ; la santé comme équilibre est proche parente de l'« harmonie » qui enchaîne les contraires en une forme déterminée. On peut la rapprocher de la notion de démocratie (le déséquilibre, la maladie, étant du côté de la monarchie ou de l'aristocratie). Il ne faudrait cependant pas faire le parallèle de manière trop directe et naïve : la secte pythagoricienne, à laquelle Alcméon a pu appartenir, était politiquement aristocratique. Pour les Pythagoriciens, ce ne serait pas tant la lutte des contraires qui a de l'importance, que l'harmonie qui les tient enchaînés selon certaines proportions (ce qui serait en accord avec une « aristocratie du savoir » – si l'on voulait maintenir le parallèle entre la représentation du monde naturel et celle du monde social). Il serait alors imaginable d'associer à l'harmonie sous-tendant la santé un nombre la figurant de manière mystique (le nombre 7, qui est aussi celui de la raison et de la lumière selon Philolaos – d'après quels critères ce nombre a-t-il été choisi ?).

Hormis ces thèses d'Alcméon, il ne reste pas de conceptions biologico-médicales qui soient spécifiquement pythagoriciennes.

CONCLUSION

Les thèmes dominants de l'école pythagoricienne sont, d'une part, le développement des mathématiques, d'autre part la tentative d'utilisation de ces mathématiques dans l'étude de la nature, le tout étant compris dans une mystique des nombres, si bien que s'entremêlent des conceptions rationnelles et des conceptions mystiques. Cette école apparaît aujourd'hui comme complémentaire de l'école de Milet. Celle-ci ne semble pas avoir développé de mathématiques (mis à part les quelques propositions attribuées à Thalès et qu'il s'est vraisemblablement contenté d'importer), et son étude de la nature est très concrète et « terre-à-terre » ; elle privilégie le sensible. L'école pythagoricienne inaugure, dans l'étude de la nature, une sorte de rationalisme mathématique (systématisant les ébauches des astronomes babyloniens) ; elle privilégie l'intelligible (et le divinise dans une mystique des nombres). Tout comme les critiques que l'on peut porter contre la physiologie ionienne n'enlèvent pas à l'école de Milet le mérite d'avoir pour la première fois cherché à expliquer la nature de manière non mythique, les critiques que l'on peut porter contre l'aspect mystique des thèses pythagoriciennes n'enlèvent pas à la secte le mérite d'avoir

essayé la première d'introduire les mathématiques dans l'étude de la nature. Le primat accordé à l'intelligible va se heurter à la question des nombres irrationnels que la mathématique de l'époque ne savait pas traiter, ainsi qu'à celle de l'infini (spécialement l'infiniment petit, né de la division par deux à l'infini). De là viennent sans doute les critiques que fera l'école d'Élée, étudiée dans le chapitre suivant.

Chapitre IV

Xénophane et l'école d'Élée

Thalès, Anaximandre, Anaximène, Pythagore et les premiers Pythagoriciens sont les « pères fondateurs » de la science et de la philosophie grecques. Tous les auteurs qui seront étudiés dans ce chapitre et le suivant sont postérieurs et appartiennent au IV^e siècle av. J.-C., à l'exception de Xénophane qui est un peu à part et joue plus en tant que philosophe qu'en tant que scientifique (pour autant qu'on puisse distinguer à cette époque). C'est-à-dire que tous ces auteurs auront à prendre position par rapport à ces « pères fondateurs », et que c'est dans cette optique que devront se comprendre leurs travaux.

Nous groupons dans un même chapitre Xénophane de Colophon et les principaux représentants de l'école d'Élée (Parménide, Zénon et Mélissos) en raison de certaines affinités dans leurs philosophies, et bien que Xénophane n'ait vraisemblablement pas été le fondateur de cette école (comme on peut parfois le penser au vu de ces affinités philosophiques) – à vrai dire on n'est même pas sûr qu'il ait fait autre chose que passer dans cette ville d'Elée (qui se trouve un peu au sud de Naples, en Italie).

XÉNOPHANE DE COLOPHON

Xénophane naquit vers 570 av. J.-C. à Colophon, sur la côte ionienne (à proximité de Milet et Ephèse) ; ce qui en fait le contemporain d'Anaximène, de Pythagore, et de la fin de la vie d'Anaximandre dont il a peut-être entendu l'enseignement. Il quitta sa ville natale à l'âge de 25 ans (pour fuir la domination perse ?) et mena une longue vie errante comme rhapsode (d'après le fragm. 1 de l'encadré 149, il aurait vécu au moins 92 ans). Dans ses voyages, il se rendit notamment en Grande Grèce (Italie du Sud et Sicile), où il put prendre connaissance des doctrines pythagoriciennes. Plutôt qu'un savant et un philosophe, il fut un poète, et même un poète satirique qui, par ses critiques, fit œuvre de moraliste et de théologien. Ses conceptions physiques n'ont pas eu, en revanche, une bien grande influence dans l'histoire de la science et de la philosophie. Il nous reste un certain nombre de fragments de son œuvre, dont les plus intéressants pour notre propos sont cités dans l'encadré 149. L'encadré 150 présente, lui, une doxographie choisie.

1. Voilà bientôt déjà soixante-sept années / Que mon souci va s'agitant de par la Grèce. / Et c'est vingt-cinq années qu'il me fallut attendre / Pour savoir, sur ces points, tenir un discours vrai. 2. On raconte qu'un jour passant près de quelqu'un / Qui maltraitait son chien, rempli de compassion / Il prononça ces mots : « Arrête de frapper ! / Son âme, je l'entends, est celle d'un ami / Que j'ai pu reconnaître aux accents de sa voix. » (*Critique de la métempsycose pythagoricienne*)

3. Un seul Dieu, le plus grand chez les dieux et les hommes, / Et qui en aucun cas n'est semblable aux mortels / Autant par sa démarche, autant par ce qu'il pense.

4. Et tout entier il voit, tout entier il conçoit, / Tout entier il entend.

5. Sans peine, et par la force seule de l'esprit, / Il donne le branle à toutes choses.

6. Toujours au même endroit, il demeure où il est, / Sans du tout se mouvoir ; il ne lui convient pas / De se porter tantôt ici, tantôt ailleurs.

7. Cependant si les bœufs, les chevaux et les lions / Avaient aussi des mains, et si avec ces mains / Ils savaient dessiner, et savaient modeler / Les œuvres qu'avec art, seuls les hommes façonnent, / Les chevaux forgeraient des dieux chevalins, / Et les bœufs donneraient aux dieux formes bovines : / Chacun dessinerait pour son dieu l'apparence / Imitant la démarche et le corps de chacun.

8. Peau noire et nez camus : ainsi les Éthiopiens / Représentent leurs dieux, cependant que les Thraces / Leur donnent des yeux pers et des cheveux de feu.

9. Non, jamais il n'y eut, jamais il n'y aura / Un homme possédant la connaissance claire / De ce qui touche aux dieux et de toutes les choses / Dont je parle à présent. Même si par hasard / Il se trouvait qu'il dît l'exacte vérité, / Lui-même ne saurait en prendre conscience : / Car tout n'est qu'opinion.

10. Ce n'est pas dès le commencement que les dieux / Ont tout dévoilé aux mortels ; mais, en cherchant, / Ceux-ci, avec le temps, découvrent le meilleur.

11. Cette limite supérieure de la Terre / On la voit à ses pieds et rattachée à l'air ; / L'inférieure en revanche à l'infini s'étend. 12. De la terre tout vient, et tout redevient terre.

13. Terre et eau, c'est cela que sont toutes les choses / Qui naissent et qui croissent.

14. Car tous, nous sommes nés de la terre et de l'eau.

15. Ce que l'on nomme Iris n'est de par sa nature / Qu'un nuage qui paraît violet, écarlate / Et vert pâle à nos yeux.

16. Or si Dieu n'avait pas créé le miel doré, / Le comble du sucré serait le lot des figes.

17. Si quelqu'un remportait le titre de vainqueur / Par sa foulée véloce, ou encore gagnait / Le pentathlon, à Olympie, [...] on lui réserverait / Une place

d'honneur au moment des concours, / Il se verrait nourri aux frais de la cité / [...] Il pourrait recevoir toutes ses récompenses / sans avoir la valeur que je possède, moi. / Car ma science prévaut sur la force des hommes / Tenus pour les meilleurs, comme sur les chevaux. / De pareils jugements, c'est à tort qu'on les porte : / Ce n'est pas à bon droit qu'on préfère la force / À la science, en laquelle est sise la valeur. / Si le peuple comptait en effet dans ses rangs / Un champion à la boxe, au pentathlon, en lutte / [...] La cité n'en serait nullement pour autant / Mieux gouvernée ; et mince en serait le profit, / Si l'un de ces champions remportait la victoire / Aux rives de Pisa ; car ce n'est pas cela / Qui peut d'une cité enrichir les greniers.

150. DOXOGRAPHIE CHOISIE DE XÉNOPHANE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Que le principe soit un. ou que l'être soit l'Un et le Tout (et qu'il ne soit ni limité, ni illimité, ni mù, ni en repos), c'est l'hypothèse formulée par Xénophane de Colophon, le professeur de Parménide, au dire de Théophraste, qui est d'accord pour considérer que la mention de cette opinion relève d'un domaine qui n'est pas celui de l'enquête sur la nature. Car Xénophane pensait que cet Un et Tout est Dieu, et que son caractère un se démontre du fait qu'il domine toutes choses. Car, déclare-t-il, si les dieux étaient plusieurs, il faudrait nécessairement qu'ils dominent de la même façon toutes choses. Mais Dieu est le plus dominant et le plus puissant de tous. Il démontrait qu'il est non engendré à partir du fait qu'il faut que l'engendré provienne soit du semblable soit du dissemblable. Mais, d'une part le semblable ne saurait, déclare-t-il, pâtir du fait du semblable ; en effet il ne convient pas plus que le semblable engendre ou soit engendré à partir du semblable ; si d'autre part il était engendré à partir du non-semblable, l'étant serait à partir du non-étant. Et ainsi il démontrait qu'il est non engendré et éternel. Et il est ni illimité ni limité, parce que d'une part le non-étant est illimité, en tant qu'il ne possède ni commencement, ni milieu, ni fin ; et que d'autre part les plusieurs se limitent réciproquement. De la même façon, il abolit le mouvement et le repos, [...] Par conséquent lorsqu'il dit que l'Un demeure et ne se meut pas et que : « Toujours au même endroit, il demeure où il est, sans du tout se mouvoir ; il ne lui convient pas de se porter tantôt ici, tantôt ailleurs », il n'entend pas que celui-ci demeure stable selon le repos qui est l'opposé du mouvement, mais selon la stabilité qui fait abstraction du mouvement et du repos. (*Simplicius, Commentaire sur la Physique d'Aristote*, 22, 22)

2. Xénophane disait que le monde est non engendré, éternel et incorruptible. (*Aëtius, Opinions*, II, IV, 11) – Les astres proviennent de nuages embrasés. Ils s'éteignent pendant le jour et se réenflamment la nuit comme les

charbons, car leurs levers et leurs couchers sont des allumages et des extinctions. (*Ibid.*, II, XIII, 14) – Le Soleil est formé de nuages embrasés. Théophraste, dans ses *Opinions des physiciens*, a écrit que [selon Xénophane] il était constitué à partir de particules ignées agglomérées du fait de l'exhalaison humide, et que ce conglomerat produisait le Soleil. (*Ibid.*, II, XX, 3) – Xénophane disait que [l'éclipse, ou plus exactement le coucher du Soleil], se produit du fait d'une extinction, et que de nouveau un autre soleil naît à l'orient. Il a consigné qu'une éclipse de Soleil avait duré un mois, et de plus que cette éclipse était totale, de sorte qu'il faisait nuit pendant le jour. (*Ibid.*, II, XXIV, 4) – Il y a plusieurs soleils et plusieurs lunes selon les régions climatiques, les sections et les zones de la Terre et [...], à certain moment opportun, le disque tombe dans une certaine région inhabitée de la Terre, de sorte qu'il se produit comme une chute dans le vide, qui se manifeste par une éclipse. [...] Le Soleil va tout droit vers l'infini et [...] l'impression que sa trajectoire est circulaire, est une illusion due à la distance. (*Ibid.*, II, XXIV, 9) – La Lune est un nuage rendu compact. (*Ibid.*, II, XXV, 4) – La Lune a sa lumière propre. (*Ibid.*, II, XXVIII, 1) – La disparition mensuelle de la Lune est produite selon une extinction. (*Ibid.*, II, XXIX, 5) – Tous ces phénomènes [comètes, étoiles filantes, météores] sont des composés ou des mouvements de nuages embrasés. (*Ibid.*, III, II, 11) – Les éclairs proviennent de ce que le mouvement des nuages les fait briller. (*Ibid.*, III, III, 6) – C'est par l'effet de la chaleur solaire qui joue le rôle de la cause déterminante, que surviennent les phénomènes météorologiques. Car lorsque l'humide s'élève de la mer, le doux [constituant l'eau douce] se dissocie à cause de sa légèreté et se transforme par évaporation en nuages qui, en se dissipant, font tomber les pluies et s'éparpillent en souffles de vent. [Xénophane] écrit en effet textuellement : « Mer est source de l'eau ». (*Ibid.*, III, IV, 4) – La terre s'enracine dans les parties les plus basses, en direction de l'illimité. (*Ibid.*, III, IX, 4).

3. [Xénophane] pense que rien ne naît, ne se corrompt et ne se meut, et que le Tout est un et extérieur au changement. Il déclare aussi que Dieu est éternel, un, partout semblable, limité, sphérique et doué de sensation dans toutes ses parties. [...] La Terre est illimitée, n'étant enveloppée ni par l'air, ni par le ciel. Les soleils et les lunes sont illimités en nombre et toutes choses existent à partir de la terre. Il déclarait que la mer est salée à cause de la confluence d'un grand nombre d'ingrédients en elle. Mais Métrodore déclarait que la mer devient salée parce qu'elle a coulé dans l'épaisseur de la terre. Xénophane croit qu'il y a une union de la terre avec la mer, et que la terre se trouve dissoute au cours du temps par l'humide ; il en avance comme preuve qu'au milieu de la terre et sur les montagnes on trouve des coquillages, qu'à Syracuse, on a trouvé dans les carrières de pierres une empreinte de poisson et de phoque, à Paros une empreinte de laurier au fond de la pierre et à Malte des coquilles de toutes sortes d'animaux marins. Cela s'est produit, déclare-t-il, lorsque autrefois tous les animaux barbotaient dans la boue et que leur empreinte dans la boue a séché. Les hommes ont tous péri lorsque la terre, en tombant dans la mer, est

devenue boue ; ensuite a recommencé de nouveau leur génération et ce changement se produit dans tous les mondes. (*Hippolyte, Réfutations de toutes les hérésies, I, 14*)

4. Parménide et Xénophane, dont les vers sont moins bons [...] combattent, pour ainsi dire avec colère, l'arrogance de ceux qui, alors que le savoir est impossible, osent déclarer qu'ils savent. (*Cicéron, Premiers académiques, II, XXIII, 74*)

5. Xénophane, fils d'Orthomène, originaire de Colophon, qui fut l'initiateur de l'école d'Élée, déclarait que le Tout est un, sphérique, illimité, non engendré, mais éternel et tout à fait immobile. À rebours cependant de ces affirmations, il a pensé que toutes choses sont nées de la terre. (*Théodoret, Remède contre les maux de la Grèce, IV, 5*)

La partie de son œuvre qui est restée la plus célèbre est sa critique des dieux anthropomorphiques (fragm. 7 et 8 de l'encadré 149). Au polythéisme anthropomorphique il oppose une conception essentiellement monothéiste (encore que le fragment 3 de l'encadré 149 semble surtout affirmer la prééminence d'un dieu plutôt que son unicité). Un dieu qui n'est plus à l'image de l'homme, mais qui est omniscient, omnipotent, gouvernant toutes choses par la force de son esprit (fragm. 5) et sensible par tout son être (de par sa seule présence, sans avoir besoin d'organes des sens comme en ont besoin les hommes), un dieu qui, de surcroît, est immobile et toujours à la même place (car le mouvement ne convient pas à sa divinité – ce qu'on peut sans doute rapprocher de son omni-sensibilité par sa seule présence : il serait présent partout). Un dieu non engendré et éternel.

La doxographie est parfois ambiguë en ce que ces qualités de la divinité (au moins celles de l'immobilité, l'inengendrement, l'éternité, ...) sont aussi attribuées à l'« un », à l'« être », à l'« univers ». Or de telles thèses semblent appartenir à Parménide plutôt qu'à Xénophane ; ce serait donc par une contamination que celui-ci en est gratifié. Le fragment 1 de l'encadré 150 précise d'ailleurs que, d'après Théophraste (qui, par sa proximité temporelle des Présocratiques et sa position dans l'« institution » philosophique grecque, est une référence sûre), ce dont parlait Xénophane c'était le dieu, et non pas la nature. Si cela est, les critiques des doxographes opposant l'inengendrement affirmé par Xénophane et ses conceptions physiques où les choses sont engendrées à partir de la terre et de l'eau, ces critiques (fragm. 5, encadré 150, par exemple) ne sont pas justifiées : l'inengendrement concerne le dieu ; la physique, la nature. A moins de confondre dieu et l'univers, il en serait de même des attributions à Xénophane de propositions telles que « rien ne naît, ne se corrompt » (fragm. 3, encadré 150) ; de telles thèses appartiendraient plutôt à Parménide.

À l'omniscience du dieu, Xénophane oppose l'imperfection et la relativité des connaissances de l'homme. Il dit bien que, si les dieux n'ont pas révélé toutes choses aux hommes dès le commencement, ceux-ci peuvent trouver en cherchant

ce qui est le meilleur (fragm. 10, encadré 149) ; mais il ajoute qu'il n'y aura jamais d'hommes qui aient une connaissance certaine ni des dieux, ni de la nature (fragm. 9, encadré 149). Il va jusqu'au relativisme, dans le fragment 16 du même encadré, à propos de la douceur comparée des figues et du miel. Si les Milésiens avaient des conceptions où prédominait le sensible, les Pythagoriciens une doctrine donnant la prééminence à l'intelligible, il semble bien que Xénophane soit un sceptique radical : non seulement il relativise le sensible, mais l'intelligible même est suspect, puisque toute connaissance certaine est impossible à l'homme (si, par hasard, un homme parvenait à une connaissance vraie, il ne pourrait même pas s'en rendre compte). Le fragment 1 de la doxographie expose tout un raisonnement attribué à Xénophane par Simplicius, raisonnement justifiant les qualités d'unicité, de non-engendrement, etc. du dieu ; le fragment 9 de l'encadré 149 dit, lui, que les hommes n'auront jamais de connaissances certaines sur les dieux. Ce n'est donc pas seulement l'étude de la nature mais aussi la théologie qui est en cause ; il est peu probable cependant que Xénophane incluait dans sa critique sa conception de la divinité, car cette conception est très générale et ne fait qu'affirmer cette impuissance à caractériser de manière précise les dieux. Xénophane ne se borne donc pas à opposer le sensible et l'intelligible, ni le devenir à l'être ; il donne au dieu la connaissance certaine et aux hommes l'opinion (fragm. 9, encadré 149). Un tel scepticisme s'accorde bien avec sa critique des dieux anthropomorphiques ; en revanche, on comprend moins bien qu'après avoir nié à l'homme toute connaissance certaine il propose une physique.

Avant d'exposer ce qu'était cette physique, il faut essayer d'éclaircir les relations possibles entre elle et ce que nous venons de dire des thèses de Xénophane. Précisons d'abord que, si l'immobilité, l'inengendrement et le non-devenir sont des caractères du dieu et non pas de l'univers, rien n'empêche la possibilité d'une physique. Mais, même si c'étaient là des caractères de l'univers, une physique resterait possible puisque, comme toute connaissance humaine, elle ne serait qu'une opinion. Pourquoi proposer une physique, si elle n'est qu'une opinion ? Le fragment 17 de l'encadré 149 laisse peut-être entrevoir l'explication. Outre qu'il montre le moraliste, ce fragment, qui compare les mérites de l'athlète et du sage (représenté par Xénophane, bien sûr), indique le rôle du sage, et par là de ses conceptions (même si elles relèvent de l'opinion et non de la connaissance certaine) : donner à la cité de bonnes lois et remplir ses greniers (ce qui n'est pas une préoccupation « vulgaire » en ces temps et lieux, où la vie est précaire et ignore l'abondance). Les hommes ne pourront jamais accéder à la connaissance certaine, réservée au dieu, mais ils peuvent chercher et trouver (avec le temps – fragm. 10, encadré 149) ce qui est le meilleur ; leurs connaissances ne relèveront jamais que de l'opinion, mais elles peuvent servir à donner de bonnes lois à la cité et à remplir les greniers (éviter la famine). Xénophane est un sceptique, mais un sceptique doublé d'un pragmatique (ce qui est une attitude tout à fait cohérente). Ce qui est également en assez bon accord avec le contenu de sa physique, qui est très concrète et proche de celle des Milésiens. Remarquons enfin qu'un des

fragments qui lui sont attribués (fragm. 2, encadré 149) se moque de Pythagore et de la croyance à la métempsycose, qu'on lui attribue également la phrase « *le monde ne respire pas* », phrase qui vise manifestement la physique pythagoricienne. L'affirmation selon laquelle les hommes ne peuvent parvenir à la connaissance certaine ni des dieux ni de la nature, ne viserait-elle pas, elle aussi, les Pythagoriciens et leur recherche de la vérité, tant divine que naturelle, dans les nombres ? Il y aurait ainsi une sorte de réaction (parfois satirique) à l'intellectualisme mystique des Pythagoriciens (beaucoup plus qu'une affirmation de l'unité du monde – ou du dieu – contre la pluralité que pourrait sous-entendre l'usage des nombres dans la secte pythagoricienne), d'autant qu'à l'époque de Xénophane les thèses pythagoriciennes n'en étaient qu'à leurs balbutiements et ne pouvaient avoir la force de conviction que leur donna le développement de la mathématique.

La physique exposée par Xénophane rappelle par plus d'un aspect celles des Milésiens (Xénophane est un contemporain d'Anaximène, et a peut-être entendu l'enseignement d'Anaximandre, dans sa jeunesse sur la côte ionienne). Les encadrés 149 et 150 contiennent quelques-uns des fragments qui en restent. Pour Xénophane, toutes choses viennent de la terre et y retournent. C'est pour lui l'élément primordial ; il est difficile de dire si ce rôle qu'il attribue à la terre est comparable à celui que les Milésiens donnaient à l'eau, l'*apeiron* et l'air, et Héraclite au feu (Héraclite est postérieur à Xénophane). On peut le penser, en remarquant toutefois qu'il ne précise pas le principe de transformation de cet élément primordial qu'est la terre. Le fragment 5 (encadré 149) précisant que le dieu gouverne toutes choses par la force de son esprit, il faudrait admettre que les transformations de l'élément primordial dépendent de ce dieu omniscient et omnipotent. Les choses ne sont peut-être pas aussi simples. Les Milésiens et Héraclite ont choisi des éléments « fluides » (eau, *apeiron*, air, feu) comme fondements des choses, c'est que leurs physiques sont des physiques du devenir (il faut que l'élément de base soit souple et se prête bien aux transformations). Xénophane choisit, lui, l'élément solide, la terre, l'élément le plus consistant et le plus stable. Même si les caractères d'immobilité, d'immuabilité, ... sont ceux du dieu plutôt que ceux de l'univers, il semble bien que la physique de Xénophane traduise ce souci de stabilité (plutôt que celui du devenir) dans le choix d'un tel élément premier. Lorsqu'il veut rendre compte du devenir (« *des choses qui naissent et qui croissent* »), Xénophane ne fait pas vraiment appel à un principe régissant les transformations de l'élément premier qu'est la terre, mais il lui ajoute de l'eau, comme s'il voulait la fluidifier et la rendre modelable (fragm. 12 et 13, encadré 149). On peut voir en cela une résurgence d'un des nombreux mythes où la divinité créatrice est assimilée au potier qui modèle la boue, ou bien une extrapolation à partir de l'observation « physique » de la naissance et de la croissance des plantes à partir de la terre et de l'eau (ce qui nous rapproche, dans les deux cas, de l'école de Milet, et notamment de Thaïès). Une telle conception, concrète et terre-à-terre, se référant à une tradition mythique vieille comme le monde, ne serait-elle pas, elle aussi, une réaction à l'intellectualisme mystique des

Pythagoriciens ? Xénophane ne joue-t-il pas ici au sage modéré, sceptique et pragmatique, plein de « bon sens », face à un courant de pensée ancré dans une mystique intellectuelle recourant aux « mystères » (l'orphisme) ? Xénophane était un poète, et même un poète satirique ; et il y a une sorte de tradition « anti-intellectuelle » dans la satire (voir par exemple les comédies d'Aristophane).

L'astronomie-météorologie de Xénophane rappelle également celle des Milésiens. Mais, dès l'abord, on remarque de nouveau la préoccupation de la stabilité et le recours à un certain « bon sens terre-à-terre ». La Terre est limitée à sa surface supérieure par l'air, et elle s'étend sans limites en bas. Bien que ce ne soit pas dit, on pourrait penser que l'air est limité à sa surface inférieure par la Terre, et qu'il s'étend à l'infini en haut. C'est là un appel aux conceptions les plus immédiates du « bon sens » le plus grossier. Comme il ne peut plus être question, dans cette conception, de faire tourner le Soleil autour de la Terre (puisqu'elle est sans limites en bas, il ne peut passer sous elle), on lui attribuera un mouvement linéaire ; l'impression de circularité qu'il peut donner est expliquée « par la distance » (fragm. 2, encadré 150) ; quant à ses levers et ses couchers, ce sont des inflammations et des extinctions. Inflammations et extinctions qui expliquent aussi les phases de la Lune et les éclipses. Ici encore, même en tenant compte que Xénophane est bien antérieur à l'astronomie de Philolaos, on peut se demander si de telles conceptions ne sont pas des réactions caricaturales aux thèses pythagoriciennes (aboutissant justement à Philolaos : sphéricité des astres, dont la Terre, décentrement et mobilité de celle-ci, etc. ; les thèses de Xénophane semblent être l'exact contre-pied de tout ceci).

Nous renvoyons aux encadrés 149 et 150 pour le détail des autres conceptions astronomiques et pour la météorologie de Xénophane. La parenté avec les thèses des Milésiens est évidente. Elles sont très concrètes et se réfèrent à l'expérience courante ; ce sont sans doute celles que Xénophane avait apprises dans sa jeunesse ionienne (ou de proches parentes), et celles qu'il retrouvera pour les opposer à la mystique intellectuelle pythagoricienne.

Ces conceptions physiques, astronomiques et météorologiques n'auront pas une grande importance dans l'histoire de la pensée ; soit qu'elles aient été considérées comme de simples variantes (médiocres, comparées à celles contemporaines d'Anaximène) des thèses ioniennes, soit qu'elles n'aient pas été prises au sérieux, considérées comme les sarcasmes d'un poète satirique. La critique du polythéisme anthropomorphique et l'affirmation de l'unicité, de l'unité, de l'immobilité, de l'inengendrement, etc. du dieu auront beaucoup plus de succès. Cependant, il semblerait, d'après la doxographie, qu'elles aient été plus ou moins confondues avec les thèses de Parménide (à qui l'on donnera alors Xénophane pour maître).

Pour ce qui est de l'articulation entre les propositions physiques de Xénophane et sa conception selon laquelle toute connaissance certaine est impossible à l'homme (problème qui va se poser dans des termes comparables chez Parménide), l'hypothèse du scepticisme et du pragmatisme est la plus vraisemblable. On pourrait objecter qu'une telle physique n'a pas une bien

grande valeur pratique ; mais, outre qu'elle n'est qu'une partie (et pas la plus importante de l'œuvre de Xénophane), il faudrait la considérer comme un contre-pied outrancier de la physique pythagoricienne, plus intellectuelle et abstraite ; un peu comme si Xénophane mettait en avant des vieilles conceptions concrètes (celles des Milésiens, ou de proches parentes, qui seraient devenues celles du « bon sens » – celles de la jeunesse de Xénophane), en disant : « ce bon sens et cette simplicité nous suffisent bien, nous n'avons pas besoin de cette mystique intellectuelle des nombres, d'autant que toute connaissance certaine est impossible à l'homme et qu'elle est réservée au dieu ».

Le caractère réactionnel des conceptions de Xénophane au pythagorisme ne peut évidemment pas être prouvé (peut-être suggéré par le fragment 2, encadré 149) ; mais il semble bien que ce soit là la meilleure manière de les unifier en un tout cohérent.

Xénophane était plus un poète, un moraliste, un auteur de satires qu'un philosophe, chef d'école et promoteur de conceptions nouvelles. Son « monothéisme » est avant tout critique du polythéisme anthropomorphique naïf, satire et œuvre de moraliste plutôt que de théologien (le long raisonnement que lui prête Simplicius sur les caractères d'unicité, d'immuabilité, ... du dieu – fragm. 1, encadré 150 – est sans doute apocryphe, inspiré par les thèses de Parménide).

PARMÉNIDE

On admet en général que Parménide est né vers 515 av. J.-C., et qu'il est mort après 450 ; ce qui en fait un contemporain d'Héraclite (un peu plus jeune que celui-ci). Il a vécu à Élée, dans l'actuelle Italie du Sud, et y a sans doute eu des responsabilités politiques (il passe pour avoir doté cette cité de bonnes lois).

On le présente tantôt comme l'élève de Xénophane, tantôt comme de formation pythagoricienne ; c'est que l'on trouve des traces de l'influence de chacune de ces doctrines (pourtant assez opposées) dans son œuvre. Comme Xénophane était un poète errant plutôt qu'un chef d'école, et qu'à l'époque l'Italie du Sud et la Sicile étaient sous l'influence des Pythagoriciens, il est probable que Parménide était à l'origine un Pythagoricien, mais qu'il a été sensible à certaines des critiques que Xénophane adressait à la secte ; il aurait alors fait sécession et aurait créé sa propre école à Élée (sur un modèle s'inspirant peut-être de celui des Pythagoriciens).

Il nous reste divers fragments de son œuvre, fragments dont l'authenticité est assurée. Cette œuvre se présentait (comme celle de Xénophane, et, un peu plus tard, celle d'Empédocle) sous forme d'un poème, tant par la forme (en vers – il nous en reste environ 155 vers) que par le style, imagé et souvent compliqué. Ce style et la difficulté des thèses exposées ont contribué à la multiplication des interprétations ; Parménide est, avec Héraclite, le Présocratique qui a suscité le plus d'études parmi les auteurs modernes, études où bien souvent ces auteurs

exposent leurs propres philosophies et où Parménide n'est guère qu'un prétexte.

L'une des difficultés du poème est qu'il est divisé en deux parties, qu'on a l'habitude d'appeler respectivement « la voie de la vérité » et « la voie de l'opinion ». La majeure partie des études modernes porte soit sur la voie de la vérité, soit sur l'articulation des deux parties ; la voie de l'opinion (qui est d'inspiration à la fois pythagoricienne et ionienne, tandis que la voie de la vérité porte la marque de Xénophane) est en général négligée.

151. DOXOGRAPHIE CHOISIE DE PARMÉNIDE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Parménide d'Élée, fils de Pyrès [...] s'engagea sur deux voies. Il affirme en effet que l'univers est éternel, et s'efforce de rendre compte de la génération des existants, sans conserver une attitude semblable touchant ces deux aspects de sa théorie. Ainsi, du point de vue de la vérité, il admet que l'univers est un, inengendré, sphérique ; mais, du point de vue de l'opinion du plus grand nombre, afin de rendre compte de la génération des phénomènes, il prend deux principes, le feu et la terre, celle-ci comme matière, celui-là comme cause et agent. (*Alexandre d'Aphrodisias, Commentaire sur la Métaphysique d'Aristote*)

2. Il fut le premier à affirmer que la Terre a une forme sphérique et qu'elle repose au centre [du monde]. (*Diogène Laërce, Vies, IX, 21*) – Il fut, semble-t-il le premier à découvrir que Vesper et Lucifer (*Vénus comme étoile du soir et étoile du matin*) ne forment qu'une même étoile. (*Ibid., IX, 23*) (*Ailleurs, Diogène Laërce dit que c'est Pythagore ; remarquer qu'on attribue aussi à Pythagore la conception de la sphéricité de la Terre*) – Parménide disait qu'il existe des couronnes faites d'entrelacs et concentriques, l'une formée du ténu, l'autre formée du dense. Entre elles se trouvent d'autres couronnes formées d'un mélange de lumière et d'obscurité (*comparer aux roues creuses de l'astronomie d'Anaximandre*). Et ce qui les contient toutes est un solide comparable à un rempart, sous lequel se trouve une couronne de feu ; et au milieu de toutes se trouve un solide ceint de nouveau d'une autre [couronne] de feu. La couronne la plus centrale parmi les couronnes résultant du mélange est pour toutes le [principe] et la [cause] du mouvement et de la génération, qu'il dénomme Divinité qui régit toutes choses [...]. L'air se forme par une séparation de la terre, due à une évaporation provoquée par une contraction violente, alors que le Soleil et la Voie Lactée sont une exhalaison de feu ; la Lune est un mélange constitué de ces deux exhalaisons, celle de l'air et celle du feu. (*Aétius, Opinions, II, VII, 1*)

3. Pour Parménide, [... la sensation] est produite par le semblable [...]. Parménide en effet n'a pas été parfaitement clair sur ce point et s'est borné à indiquer qu'étant donné deux éléments, la connaissance se conforme à l'élément qui l'emporte. Car pour peu que le chaud ou le froid l'emporte, la

conscience change de caractère, meilleure et plus pure étant celle qui résulte du chaud. Cependant une certaine proportion doit être respectée : « Car tout comme chacun a son propre mélange, / Donnant leur qualité aux membres qui se meuvent, / De même l'intellect se rencontre chez l'homme. / Car la chose consciente et la chair [ou substance] / Dont nos membres sont faits, sont une même chose / En chacun comme en tout : l'en-plus est la pensée » (*l'intellect se présente comme la proportion du mélange des composants du corps, si bien que la pensée est comme l'élément qui prédomine – chaud, froid, etc.*). Car il estime que sentir et penser sont une même chose. C'est pourquoi le souvenir et l'oubli dérivent d'eux en fonction du mélange. Mais dans le cas où les deux éléments sont en quantité égale, il n'est pas parvenu à définir s'il y aura, ou non, pensée [...] Qu'il fait dépendre la sensation du contraire considéré en lui-même, cela est évident quand il dit que le cadavre est privé de sensation au regard de la lumière, du chaud et du son, du fait de la privation du feu. Mais en revanche, il a, selon lui, la sensation du froid, du silence et des autres contraires. En outre, tout être possède en général une certaine faculté de connaître. (*Théophraste, Du sens, 1 et 3*)

4. Parménide pense que, lorsque la semence provient du testicule droit, les fils ressemblent à leur père, et du testicule gauche, à leur mère. (*Censorinus, Du jour de la naissance, VI, 8*) – Parménide a inventé l'explication selon laquelle, dans la lutte du principe femelle et du principe mâle, c'est au principe victorieux que le rejeton ressemble. (*Ibid., VI, 5*) – Parménide pensait que, lorsque l'embryon se détache de la partie droite de la matrice, les enfants ressemblent à leur père et que, lorsqu'ils se détachent de la partie gauche, ils ressemblent à leur mère. (*Aétius, Opinions, V, XI, 2*) – Parménide plaçait l'hégémonique (*la conscience*) dans la totalité de la poitrine. (*Ibid., IV, V, 12*) – Parménide affirmait que la vieillesse provient de la diminution progressive du chaud. (*Ibid., V, XXX, 4*) – Empédocle et Parménide pensaient que le sommeil est un refroidissement. (*Tertullien, De l'âme, 45*)

152. FRAGMENTS CHOISIS DE PARMÉNIDE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade, 1988*)

La voie de la vérité

1. Viens, je vais t'indiquer- retiens bien les paroles que je vais prononcer – quelles sont donc les seules et concevables voies s'offrant à la recherche. La première, à savoir qu'il est et qu'il ne peut non être, c'est la voie de la persuasion, chemin digne de foi qui suit la vérité ; la seconde, à savoir qu'il n'est pas, et qu'il est nécessaire au surplus qu'existe le non-être, c'est là, je te l'assure, un sentier incertain et même inexploable : en effet le non-être (lui

qui ne mène à rien) demeure inconnaissable et reste inexprimable.

2. Car même chose sont l'être et le penser.

3. Ce qui peut être dit et pensé se doit d'être ; car l'être est en effet, mais le néant n'est pas. À cela, je t'en prie réfléchis fortement, cette voie de recherche est la première dont je te tiens éloigné. Ensuite écarte-toi de l'autre voie : c'est celle où errent des mortels dépourvus de savoir et à la double tête ; en effet dans leur cœur, l'hésitation pilote un esprit oscillant : ils se laissent porter, sourds, aveugles et sots, foule inepte, pour qui être et non-être sont pris tantôt pour le même et tantôt le non-même, et pour qui tout chemin retourne sur lui-même.

4. Mais il ne reste plus à présent qu'une voie dont on puisse parler : c'est celle du « il est ». Sur cette voie il est de nombreux repères, indiquant qu'échappant à la génération, il est en même temps exempt de destruction : car il est justement formé tout d'une pièce, exempt de tremblement et dépourvu de fin. Et jamais il ne fut, et jamais ne sera, puisque au présent il est, tout entier à la fois, un et un continu. Car comment s'accroîtrait-il et d'où s'accroîtrait-il ? Je t'interdis de dire ou même de penser que le « il est » pourrait provenir du non-être, car on ne peut pas dire ou penser qu'il n'est pas. Quelle nécessité l'aurait poussé à être ou plus tard ou plus tôt, si c'était le néant qu'il avait pour principe ? [...] Il est donc notifié, de par nécessité, qu'il faut abandonner la voie de l'impensé, que l'on ne peut nommer (car celle-ci n'est pas la voie qui conduirait jusqu'à la vérité), et tenir l'autre voie pour la voie authentique, réelle et existante. Et comment aussi l'être pourrait-il donc périr ? Comment pourrait-il naître ? S'il est né en effet, c'est qu'alors il n'est pas, et il n'est pas non plus, s'il lui faut être un jour : son naître s'évanouit, et sa disparition apparaît impossible.

5. Et il n'est pas non plus divisible en effet, puisqu'il est entier, sans avoir ça ou là quelque chose en plus qui pourrait s'opposer à sa cohésion, ou quelque chose en moins. Il est tout rempli d'être. Aussi est-il tout continu. [...] Or il est immobile, pris dans les limites de formidables liens ; il est sans commencement et il est sans fin, car la génération comme la destruction ont été écartées loin de lui. [...] Identique à lui-même en lui-même il repose, il est là en lui-même immobile en son lieu.

6. Mais puisque existe aussi une limite extrême, il est de toutes parts borné et achevé, et gonflé à l'instar d'une balle bien ronde, du centre vers les bords en parfait équilibre. Car aussi bien en plus et aussi bien en moins, aucune variation ici ou là n'existe.

7. Mais ici je mets fin au discours assuré, ainsi qu'à la pensée visant la vérité. Désormais apprends l'opinion des mortels, en ouvrant ton oreille à l'ordre harmonieux du discours composé pour ton enchantement (*c'est-à-dire : pour te tromper*).

La voie de l'opinion

8. [Les mortels] ont par convention, en effet, assigné à deux formes des noms ; mais des deux cependant, une n'en est pas digne – et c'est bien en cela qu'ils se sont fourvoyés. Car ils ont estimé contraires leurs aspects, et leur ont assigné des signes qui fondaient leur distinction mutuelle. Des deux, l'une est le feu éthéré de la flamme, c'est le feu caressant et c'est le feu subtil, identique à lui-même en toutes directions [...] L'autre par son essence à l'exact opposé, c'est la nuit sans clarté, dense et lourde d'aspect. Voici, tel qu'il nous semble en sa totalité, le système du monde et son arrangement que je vais te décrire, afin que nul mortel n'en sache plus que toi.

9. Puisque toutes choses ont nom lumière et nuit, et puisque telle ou telle a, selon sa puissance, reçu tel ou tel nom, toute chose est remplie à la fois de lumière et de nuit obscure, l'une et l'autre ayant part égale en sa nature, puisque rien ne saurait exister qui n'ait part à l'une ni à l'autre.

10. Tu connaîtras aussi la nature du ciel, et la totalité des signes qu'il contient, les effets consumants de la tache brillante et pure du Soleil, et d'où vient qu'ils sont nés. Tu connaîtras aussi les travaux vagabonds de la Lune à l'œil rond, ainsi que sa nature ; tu connaîtras enfin l'enveloppe céleste, avec son origine, et comment, dirigée par la Nécessité, elle a dû contenir les limites des astres.

11. Les plus étroits anneaux sont remplis d'un feu pur ; ceux qui viennent après, de nuit ; dans l'intervalle une portion de feu se trouve répandue. Au milieu des anneaux est la Divinité qui régit toute chose. [...] Partout elle est principe, à la fois de naissance aux cruelles douleurs, comme d'accouplement, projetant la femelle à l'encontre du mâle, afin de s'accoupler, et, de même, le mâle auprès de la femelle.

Cette distinction de deux voies dans le poème de Parménide n'est pas sans rappeler le double aspect des conceptions de Xénophane (aux dieux la connaissance certaine, aux hommes l'opinion) ; mais elle ne la reproduit pas exactement ; ce ne sont pas tout à fait les mêmes choses qui sont en jeu. Avant de le voir plus précisément, notons que, comme la physique de Xénophane, celle de Parménide (dans la voie de l'opinion) n'a pas été retenue par la postérité comme lui appartenant en propre ; c'est seulement en tant que « penseur de l'être » que Parménide est entré dans l'histoire des idées.

La voie de la vérité

La voie de la vérité rappelle les arguments de Xénophane en faveur d'un dieu unique, immobile, immuable, inengendré et éternel (soit que Xénophane ait lui-même développé ces arguments de manière complète, soit qu'il les ait ébauchés et qu'on lui ait attribué ensuite la forme qu'ils ont prise chez Parménide). Mais ici ces arguments ne concernent pas le dieu, Parménide parle de l'*être*. Qu'est-ce que

cet être ? Chez les Milésiens, il était incontestablement question de la nature ; chez les Pythagoriciens, des mathématiques conçues d'une manière mystique comme une vérité-pureté transcendante (encore que cette transcendance ne soit pas toujours bien établie) et comme le principe régissant la nature (encore que les relations entre mathématiques et nature ne soient pas toujours bien conçues, mystique et rationalité se mêlant souvent étroitement). L'être chez Parménide est-il la nature, est-il un principe régissant la nature, est-il un dieu comme celui de Xénophane, est-il une notion philosophique nouvelle ?

C'est sans aucun doute une nouveauté, et la difficulté est justement de la définir. Intuitivement, on la saisit comme ayant un rapport avec l'existence (au sens courant de ce mot), mais une existence sans qualités (un peu comme lorsqu'on parle d'une notion de matière, au sens le plus général sans qu'aucune qualité lui soit attribuée, alors qu'il est clair que c'est justement par de telles qualités – tactiles, visuelles, ou autres – que cette matière apparaît à l'homme). On pourrait essayer de l'approcher autrement, en se rappelant la phrase d'Héraclite : « *La nature aime à se cacher* ». L'être serait la face cachée de la nature ; non pas une face cachée qui serait à découvrir (comme celle de la Lune), une face qui ne nous serait cachée que par un manque de connaissances que nous pourrions combler ; mais une face qui nous serait cachée parce qu'elle est l'autre face des apparences, ou, plus exactement, parce qu'elle est ce que manifestent les apparences, ce qu'elles révèlent et masquent en même temps (un peu comme on pourrait dire, dans notre exemple précédent, que les qualités sensibles de la matière – son apparence – révèlent cette matière, mais en même temps masquent ce qu'elle est au-delà de ces qualités). L'être serait ce dont la nature sensible est la manifestation ; ce serait ce qui « existe » (au sens courant du mot) au-delà des qualités sensibles et qui, en même temps, sous-tend celles-ci. Ce n'est donc pas la nature telle qu'elle était conçue par les Milésiens (qui était largement une nature sensible), mais ce n'est pas non plus le dieu de Xénophane, ni le principe des Pythagoriciens.

L'être n'est cependant pas sans rapport avec l'*arché* des Milésiens (comme cet *arché* il est sous-jacent à la nature sensible), avec le dieu de Xénophane (comme lui il est unique, immobile, immuable, inengendré et éternel), avec le principe mathématique des Pythagoriciens (comme lui, il est ce qui est au-delà des apparences, ce qui sous-tend la nature sensible ; comme lui il est l'intelligible).

Les notions d'unicité, immobilité, immuabilité, inengendrement, éternité, et même continuité de l'être dérivent manifestement de celles que Xénophane attribuait à son dieu. Mais, alors que Xénophane niait à l'homme toute connaissance certaine, Parménide indique quelle est la voie de la vérité ; c'est que, pour lui, l'« être » est d'abord un intelligible (voir le fragment 2 de l'encadré 152 : « *Même chose sont l'être et le penser* »). Ce qui est donc sous les apparences, ce que celles-ci révèlent et masquent, ne peut être saisi par les sens, mais l'est par l'intellect pur. En cela, il se rapproche du principe mathématique des Pythagoriciens, de la vérité-pureté relevant de l'intelligible, mathématique et au-delà des données des sens ; à ceci près que chez Parménide l'aspect mathématique

a disparu. Il faut sans doute y voir l'effet de la critique de Xénophane sur le principe pythagoricien : tout se passe comme si Parménide appliquait les arguments d'unicité, d'immobilité du dieu de Xénophane à ce principe posant la vérité sous-jacente aux choses comme un intelligible. Ce qui est sous-jacent aux apparences n'est plus un principe mathématique (avec ce que cela sous-entend de pluralité, de divisibilité, d'engendrement), c'est l'être, unique, immuable et éternel. Mais, cet être étant intelligible, la connaissance certaine n'est plus réservée au seul dieu ; Parménide n'a pas le scepticisme de Xénophane.

Le principe mathématique pythagoricien, censé sous-tendre la nature, est bien souvent plaqué sur les faits sans grande rationalité ; il n'y a guère qu'en musique et en astronomie qu'il s'applique assez bien. Si donc il y a une ébauche de rationalisme mathématique, elle est très imparfaite et empreinte de mystique. Il en est différemment chez Parménide ; tout d'abord cet aspect mystique disparaît, l'être n'est pas un principe abstrait régissant la nature, il est très concret tout en étant intelligible et caché aux sens. C'est pourquoi Parménide pourra le déclarer sphérique, continu, limité, etc., ce qui s'accorderait mal avec un dieu (même celui de Xénophane) ou une abstraction mathématique. On pourrait essayer de le comprendre par un parallèle avec la notion de matière déjà évoquée ci-dessus. La notion d'être précède cette notion de « matière en général », séparée de celle de forme. L'être de Parménide est le continu à la fois spatial et matériel dont on a l'intuition immédiate quand on pense le monde en tant qu'être, en tant qu'il existe, indépendamment de toute qualité. Espace et matière ne sont pas séparés (la notion de vide, c'est-à-dire d'un espace sans matière, n'apparaît qu'avec les Atomistes – voir chapitre V), mais ils sont considérés ici dans toute leur généralité, indépendamment des qualités qui peuvent les manifester à l'homme. L'être ainsi conçu est certes une abstraction, mais il conserve malgré tout un aspect concret que n'ont ni le dieu de Xénophane ni le principe mathématique des Pythagoriciens. S'il est au-delà des apparences sensibles, il n'est pas au-delà de la nature (il n'est pas transcendant à celle-ci, comme la vérité-pureté mathématique pythagoricienne, ou le dieu inconnaissable et omniscient de Xénophane). C'est l'*arché* milésien rendu intelligible, au lieu de sensible.

Cette intelligibilité est cependant très limitée ; une fois posé que l'être est et que l'être n'est pas, Parménide peut affirmer l'inengendrement, l'éternité, l'immobilité, l'immuabilité et la continuité de l'être, parce que les caractères opposés requièrent le non-être (et que le non-être n'est pas, on ne peut donc en parler, il est incompréhensible). L'être de Parménide étant une sorte de matière-espace, il devrait concilier un aspect concret (matériel) et un aspect intelligible (l'espace et la géométrie) ; ce qui est impossible et aboutit à cette « physico-ontologie », où l'intelligibilité se borne à la question de l'« être de l'être » et du « non-être du non-être ».

Quoi que l'on puisse penser de tels raisonnements, on doit y voir un progrès comparativement à la physique des Milésiens et à celle des Pythagoriciens. Les Milésiens ont sorti la physique du mythe, le sur-naturel en a été chassé ; mais cette physique, très proche du sensible, est largement métaphorique ; elle se fonde

certainement sur des observations, mais elle s'en sert pour construire une sorte de « fable » explicitant la nature par des analogies simples (par exemple, la condensation et la raréfaction de l'air chez Anaximène). Les Pythagoriciens ont élaboré une mathématique « pure », détachée de toute application pratique ; ils ont voulu en faire le principe du monde ; mais ils ont alors plaqué cette mathématique, et notamment les nombres, sur la nature d'une manière arbitraire et irrationnelle. Ni chez les uns ni chez les autres, il n'y a donc une pensée véritablement rationnelle de la nature (à supposer qu'une telle pensée soit possible). Parménide, lui, essaye véritablement de rendre compte de la nature de manière purement intelligible, par le seul raisonnement, sans passer par les données des sens et la fable métaphorique, sans plaquer sur cette nature un principe mathématique de manière arbitraire. Ce qui, dans la nature, ressortit au pur intelligible est justement l'être, en tant que continu à la fois matériel et spatial dont on a l'intuition immédiate ; c'est ce dont parlera Parménide, vraisemblablement sous l'influence des thèses théologiques de Xénophane. Il ne faut pas voir en Parménide un philosophe très abstrait et éthéré ; Parménide parle de la nature, il cherche à en parler de manière purement rationnelle, sans métaphore et sans mystique. C'est le premier à le faire, et aussitôt il se heurte à une impossibilité.

Les caractères que Parménide attribue à l'être (éternité, inengendrement, immobilité, continuité, etc.) ressortissent essentiellement au sophisme. Outre la difficulté de raisonner en termes d'existence (ou d'être), cette notion d'être est beaucoup trop floue et indéfinissable pour qu'on puisse se fonder sur elle. Les langues indo-européennes, dont le grec, ne facilitent pas les choses en ce domaine, puisque le verbe *être* doit y rendre compte à la fois de l'identité (pour prendre un exemple, qui n'est pas sans rapport avec cette question de l'être, dans une civilisation absente de cet ouvrage : Dieu est Jéhovah), l'attributivité (par exemple, Dieu est éternel), l'existence (par exemple, Dieu est – c'est-à-dire : Dieu existe). Ces limites à l'intelligibilité pure de la nature (via la notion d'être) ont sans doute été reconnues par Parménide lui-même, et c'est peut-être là une des explications de l'articulation de son poème en deux parties (voir ci-après) ; mais, pour lui, elles ne remettent cependant pas en question le fait que cette voie de l'être et de l'intelligible est la voie de la vérité. Répétons-le, il ne s'agit plus ici d'une intelligibilité au sens où les mathématiques sont intelligibles chez les Pythagoriciens ; il s'agit de l'intelligibilité de la nature (et non du placage d'un modèle intelligible sur la nature), car c'est de la nature que parle Parménide (ce qui est parfois oublié, mais que montre bien ce dont il est question dans la seconde partie du poème : une physique).

Vérité et opinion

On a déjà rencontré un problème comparable chez Xénophane : l'affirmation que la connaissance certaine était réservée au dieu ne l'empêchait pas de proposer une physique. Après avoir exposé ce qu'est la voie de la vérité, Parménide

s'engage dans la voie de l'opinion et donne également une physique. On ne peut toutefois pas expliquer cette double voie comme on l'a fait pour Xénophane (pragmatisme et scepticisme opposés au pythagorisme). La dernière phrase du fragment 8 de l'encadré 152 semble indiquer que Parménide rend compte de l'opinion des mortels pour l'information de ses auditeurs et lecteurs ; un peu comme s'il les mettait en garde.

Il y a eu une multitude d'interprétations de cette question de l'articulation des deux voies (soit que la voie de l'opinion était considérée comme la première philosophie de Parménide, sur laquelle il serait revenu par la suite ; soit que c'est la conception que Parménide entend critiquer dans la voie de la vérité ; soit qu'elle est la voie de nos sens trompeurs, etc.). Il est probable qu'on n'aura jamais de certitudes à ce sujet ; peut-être n'y a-t-il d'ailleurs pas une seule mais plusieurs solutions.

Nous retiendrons la solution suivante, qui rapproche un peu Parménide de Xénophane lorsqu'il refuse la connaissance certaine aux hommes. Si la voie du non-être est impossible (parce qu'on ne peut penser le non-être, sinon dire qu'il n'est pas), la voie de l'être est un « cul-de-sac » quant à la connaissance, parce qu'on ne peut guère dire plus que l'être est (à la rigueur, ajouter les caractères d'éternité, inengendrement, continuité, immobilité, ...). Si l'être est bien ce qu'il y a au-delà des apparences, si c'est bien ce que révèlent ces apparences en même temps qu'elles le masquent, alors la voie de la vérité est réservée aux dieux, et l'homme devra se contenter de la voie de l'opinion. Mais cette voie de l'opinion ne se justifie pas par un pragmatisme ou une ironie vis-à-vis des Pythagoriciens (même si l'œuvre de Parménide, comme celle de Xénophane, peut largement se comprendre comme réaction à ceux-ci).

En effet, la *doxa* (δόξα), c'est l'opinion, mais c'est aussi l'apparence, et même la fausse apparence. Mais cette fausseté de l'apparence ne serait ici fausseté que par rapport à la voie de la vérité ; elle serait fausse mais non trompeuse. C'est-à-dire que cette fausse apparence ne s'oppose pas à une « vraie apparence » ; elle n'est fausse que parce qu'elle masque l'être qu'elle sous-tend, mais elle est aussi ce par quoi l'être se manifeste aux hommes (et en cela elle est « obligatoire » pour ceux-ci). Si donc Parménide expose une physique, qu'il oppose à la voie de la vérité, ce ne serait pas tant pour la désigner comme erreur mais comme apparence à travers laquelle l'être se manifeste, apparence qui n'est pas cet être (ni la vérité) mais qui est néanmoins une voie obligée dans la mesure où la voie de la vérité est un « cul-de-sac ». Plutôt qu'obligée, nous devrions sans doute dire que cette voie est celle à laquelle sont voués les hommes ; et plutôt que le singulier nous devrions employer le pluriel : il y a des voies de l'opinion, comme il y a des apparences (différentes selon les points de vue – mais il n'y a qu'une seule voie de la vérité).

D'une certaine manière, Parménide rejoint ici Xénophane en ne laissant à l'homme que l'opinion, les apparences (si l'on admet qu'il s'est lui-même rendu compte de l'extrême limitation de ce qu'il présente comme la voie de la vérité). Mais, à la différence de Xénophane qui rejetait aussi bien l'intelligible que le

sensible dans l'opinion (la connaissance certaine, de nature non précisée – intelligible, sensible ? –, revenant au dieu), Parménide donne, lui, la primauté à l'intelligible puisqu'il en fait la voie de la vérité, aussi courte soit-elle. La voie de l'opinion, ou, mieux, la voie des apparences, serait alors exposée non pas par pragmatisme, mais simplement parce que c'est la voie de la manifestation de l'être aux hommes.

On peut cependant se demander quelle nécessité il y avait à faire un tel exposé de la voie des apparences, puisque, n'étant pas la vérité, elle peut varier selon les points de vue ; il suffisait alors d'exposer la voie de la vérité, et de dire que les diverses physiques de l'époque (celles des Milésiens et des Pythagoriciens) ne relèvent que de l'opinion. Si Parménide a tenu à indiquer la voie des apparences, c'était sans doute pour l'opposer à la physique des Pythagoriciens, qui pouvait prétendre relever de l'intelligible (comme la voie de la vérité) avec sa forme mathématique. En effet, on admet en général que la physique exposée dans la voie de l'opinion reflète ce que devait être la physique pythagoricienne à l'époque de Parménide. C'est sans doute vrai, encore qu'il y ait en elle de nombreux traits la rattachant à la physique ionienne ; mais ce qui est remarquable, c'est que, dans cette physique d'inspiration au moins partiellement pythagoricienne, il n'est fait mention ni des nombres, ni même des mathématiques en général. Évidemment il ne nous reste que quelques fragments ; si nous avions la totalité du poème, il se trouverait peut-être quelques mentions des mathématiques. Il est plus vraisemblable que cette absence ostensible des mathématiques est trace d'une critique des thèses pythagoriciennes. Aussi intelligible soit-elle, la mathématique ne peut constituer la voie de la vérité, car elle sous-entend la multiplicité, la discontinuité, etc., toutes choses incompatibles avec l'être (le principe mathématique pythagoricien est arithmétique, il ne connaît pas le continu et il a subi la crise des nombres irrationnels). Ayant exposé la voie de la vérité, Parménide exposera la voie des apparences réservées aux hommes, en prenant soin d'en éliminer toute mathématique qui, relevant de l'intelligible, risquerait de la faire confondre avec la voie de la vérité. Il suit ici Xénophane, mais, alors que celui-ci refusait en bloc la physique pythagoricienne et présentait une conception très grossière et quasiment « anti-intellectuelle », il propose une physique tout à fait vraisemblable pour l'époque, mêlant des thèmes ioniens et des thèmes pythagoriciens tout en éliminant l'aspect mathématique.

Toute mathématique est d'ailleurs absente de l'école d'Élée ; on verra que les arguments de Zénon, élève de Parménide, peuvent assez bien se comprendre comme une tentative de démonstration que les mathématiques ne sont pas applicables à la nature. Quel statut cette école accordait-elle aux mathématiques (qui étaient alors en plein essor, comme on l'a vu dans le chapitre précédent) ? C'est ce qu'on ne peut préciser, ni au vu des fragments des Éléates qui nous sont parvenus, ni à celui de leur doxographie. Il est imaginable que Xénophane et l'école d'Élée aient été plus ou moins motivés par une réaction religieuse contre la montée des mathématiques, qui étaient alors très largement une mystique en Grande Grèce, sous l'influence de la secte pythagoricienne. Une réaction d'abord

assez grossière avec Xénophane, puis plus affinée avec Parménide et Zénon, devant les progrès de la mathématique et les problèmes que va poser la découverte des nombres irrationnels. Ce serait d'abord et surtout une réaction à la tentative d'une mathématisation de la physique : si les mathématiques sont intelligibles, leur relation avec la nature ne l'est pas. L'intelligibilité de cette nature passe donc par la voie de l'être. Nous verrons aussi, chez Zénon, qu'il est très possible que les Éléates aient considéré la mathématique comme un « faux intelligible », comme une pensée contradictoire, du fait de la découverte des irrationnels.

La voie de l'opinion

On distinguera deux grandes parties dans cette voie de l'opinion, l'une est une physique à proprement parler, l'autre une astronomie. On admet en général que l'une et l'autre sont représentatives des conceptions pythagoriciennes de l'époque de Parménide, sans les mathématiques. L'astronomie rappelle aussi beaucoup celle d'Anaximandre, ce qui n'est pas en contradiction avec l'astronomie pythagoricienne.

Contrairement aux Ioniens, Parménide fait dériver toutes choses de deux éléments (et non d'un seul) : la terre et le feu. Ces éléments semblent être plus ou moins associés à, respectivement, l'obscurité et la lumière, le dense et le léger, le froid et le chaud. On aurait là une trace du dualisme pythagoricien (encore que cette opposition des contraires se rencontre aussi chez Anaximandre et chez Héraclite, celui-ci étant un petit peu plus vieux que Parménide). D'après la doxographie, la terre aurait le rôle de la matière inerte, le feu celui de l'agent qui la met en forme. On rapprochera évidemment ce rôle du feu de celui qu'il a chez Héraclite, où il est non seulement l'élément primordial mais aussi le *Logos* ; ce qui est comparable à ce rôle d'agent que Parménide lui aurait attribué. On sait que le feu avait une importance particulière chez les premiers Pythagoriciens (ce qu'on retrouve plus tard dans l'astronomie de Philolaos), mais on ne sait pas très bien laquelle. Si Parménide expose une physique inspirée des Pythagoriciens, ceux-ci auraient compris le feu comme agent mettant en forme les choses différenciées à partir de la terre, élément inerte (retour à un mythe du dieu potier ?).

L'astronomie de Parménide rappelle fortement celle d'Anaximandre ; Aétius va jusqu'à lui attribuer la conception que la Terre est immobile et en équilibre parce qu'à égale distance de toutes choses, conception qui est celle d'Anaximandre (fragment non cité dans l'encadré 151). Les principales différences sont que la Terre y est sphérique (au lieu de cylindrique chez Anaximandre) – sphéricité qui est une conception pythagoricienne –, et que les anneaux sont plus nombreux et plus divers. Au lieu des trois anneaux de feu d'Anaximandre (Soleil, Lune et astres fixes), Parménide suppose des anneaux de feu, des anneaux obscurs et des anneaux mixtes, en nombres non précisés. Les anneaux de feu correspondraient aux différents astres, selon le même principe que chez Anaximandre (mais avec un autre ordre, la Lune et le Soleil se rapprochant de la Terre aux dépens des

astres fixes). Les anneaux sombres seraient la nuit qui sépare ces astres. Quant aux anneaux mixtes, ils formeraient la Voie Lactée, qui combine étroitement le feu des astres et l'obscurité.

On attribue aussi à Parménide l'assimilation de l'étoile du matin et de l'étoile du soir à la même planète Vénus (ce qui est également attribué à Pythagore). Pythagoricienne aussi l'idée d'une « divinité gouvernante » au centre du monde (fragm. 2), etc. Nous renvoyons à l'encadré 151 qui donne un choix de ce que les auteurs anciens ont dit à ce sujet.

On a vu dans le chapitre précédent que l'astronomie pythagoricienne de Philolaos possédait certains traits l'apparentant à celle d'Anaximandre. On peut imaginer que l'astronomie de Parménide, qui a des caractères pythagoriciens tout en restant assez proche de celle d'Anaximandre, est une forme intermédiaire entre celle-ci et celle de Philolaos. Ces trois astronomies – Anaximandre, Parménide, Philolaos – forment en effet une suite assez bonne. On doit cependant remarquer que celle de Parménide est plus proche de celle d'Anaximandre que de celle de Philolaos, alors que dans la chronologie Parménide, s'il est bien entre Anaximandre et Philolaos, est beaucoup plus proche de celui-ci que de celui-là. Si l'astronomie de Parménide est représentative de l'astronomie pythagoricienne de son époque, Philolaos a dû apporter beaucoup de choses en peu de temps (notamment le décentrement et le mouvement de la Terre) ; il est vrai qu'il a pu bénéficier des conceptions d'Anaxagore qui était à peu près contemporain de Parménide (l'explication correcte des éclipses, la réflexion par la Lune de la lumière du Soleil).

Parménide a également émis quelques conceptions biologiques. Elles ne présentent pas un bien grand intérêt, si ce n'est pour l'anecdote. Remarquons cependant qu'il semble avoir assimilé la pensée de l'homme, son intelligence, avec la manière dont le corps est composé (avec son âme, âme comprise alors comme le rapport qui « enchaîne » les différentes parties du corps en une forme déterminée). Peut-être cette conception était-elle en relation avec celle qui fait de l'intellect le moyen de saisir l'être qui se masque derrière les apparences (ce qui serait à rapprocher du rapport de la pensée de l'homme et du *Logos* chez Héraclite) (fragment 3, encadré 151).

Tout comme la physique de Xénophane (mais pour d'autres raisons), la physique de Parménide n'est pas considérée comme une étape importante de l'histoire de la pensée. Si Xénophane était trop grossier et rétrograde, Parménide s'est contenté d'exposer une physique commune à son époque et dont il n'est pas l'auteur. C'est en tant que « penseur de l'être » que Parménide est resté célèbre.

Importance de Parménide

Milésiens et Pythagoriciens sont complémentaires. Les Milésiens se sont préoccupés de la nature sensible ; ils ont sorti la physique du mythe, construisant

des sortes de fables analogiques à partir des observations. Les Pythagoriciens ont considéré la vérité comme du domaine de l'intelligible ; ils ont construit des mathématiques qu'ils ont plaquées sur la nature, espérant ainsi forger une physique arithmétisée. Parménide a voulu rendre intelligible la nature, ce que ne faisaient ni la physique analogique milésienne ni l'application du principe mathématique pythagoricien. Sa démarche est donc celle d'une exigence rationnelle. D'où le recours à cette notion d'être qui est saisie par le pur intellect, indépendamment du sensible (contrairement à l'*arché* milésien), au-delà des apparences mais non pas au-delà de la nature (contrairement au principe pythagoricien).

Parler dans son cas d'« exigence de rationalité » peut paraître exagéré, puisque certaines affirmations de la voie de la vérité ressortissent au sophisme plutôt qu'au raisonnement correct. En fait, Parménide se préoccupe moins d'une notion de rationalité que de ce que l'on peut saisir et exprimer, de ce dont on peut parler et de ce dont on ne peut pas parler (voir, par exemple, le fragment I de l'encadré 152). La voie du non-être est ainsi impossible parce que « *le non-être demeure inconnaissable et inexprimable* ». Il existe bien évidemment une relation entre la rationalité et cette possibilité de saisir et d'exprimer ; en grec *logos* signifie, entre autres, la parole, le langage, mais aussi la raison, la faculté de raisonner, le rapport et la proportion (et l'irrationnel, tant au sens courant qu'au sens mathématique, est aussi l'inexprimable). Mais ce n'est pas tout à fait la même chose, et cette possibilité de saisir et d'exprimer est beaucoup plus vaste et floue que la rationalité. Il s'agirait en quelque sorte d'une première esquisse de la logique, une logique encore très langagière et extrêmement limitée en ce qu'elle est appréhendée non comme un pur formalisme mais comme une « physico-ontologie » (sa vérité n'est pas simplement formelle, elle touche directement au monde).

Nous verrions ici l'importance de Parménide ; il a été le premier à vouloir saisir le monde à travers le filtre du langage, par une pensée uniquement discursive (ou, du moins, le premier à voir dans une telle appréhension la voie de la vérité). Il inaugure ainsi la pensée occidentale en même temps qu'il la referme, car il en a vu les limites : l'homme doit passer par la voie des apparences sensibles.

Il est bien évident que ce n'est pas dans ces termes que Parménide a pensé, mais c'est bien ce qui est sous-jacent à sa pensée. Ce n'est pas non plus comme cela qu'il a été compris par ses contemporains immédiats, puisqu'il est resté comme le penseur de l'être. Il est cependant probable que son exemple et celui de Zénon, son disciple, ont influencé la philosophie et la science par cette exigence de rationalité. Effet qui est contrebalancé par le fait que Parménide peut aussi être considéré comme le père des Sophistes ; ceux-ci saisiront bien l'importance du langage (Antiphon avait même imaginé une thérapie par le langage qui n'est pas sans rappeler la psychanalyse) et sauront l'utiliser pour faire valoir leurs vues (et se faire valoir eux-mêmes), développant l'éloquence, la dialectique (noter que Zénon est souvent considéré comme l'inventeur de la dialectique) et l'éristique (voir l'encadré page 286).

Avec cette double paternité, l'exigence de rationalité et la sophistique, l'influence de Parménide est difficile à cerner. Il aura certes des disciples (Zénon et Mélissos, les plus célèbres), mais sa pensée n'aura pas de développement véritable (comme la physique ionienne s'est développée de Thalès à Anaximène, ou la mathématique de Pythagore à Hippocrate de Chio). Zénon apportera des arguments en faveur des thèses de Parménide, Mélissos est un penseur mineur qui ne fera guère que reprendre ces thèses en les modifiant légèrement. La pensée de Parménide est un tout en elle-même. Parménide a indiqué quelle était pour lui la voie de la vérité, et il l'a parcourue dans toute sa longueur, il en a vu la fin : l'être ne se manifeste que par les apparences qui le masquent. Ses successeurs ne pouvaient guère faire que des variations sur ce thème. Ce n'est pas tant du contenu de sa philosophie (l'être est, le non-être n'est pas, une physique peu originale) qu'il tire son importance que de sa démarche. Aux analogies des fables milésiennes, à la mystique des mathématiques pythagoriciennes, il a voulu substituer une vraie intelligibilité de la nature. C'est par cela qu'il a sa place dans ce qui est la naissance de la science (et de la philosophie) : il est le premier à affirmer dans la voie de la vérité ce qui sera l'idéal de la pensée occidentale, appréhender le monde de manière entièrement discursive (une logique ; Platon préférera la géométrie). Il résume brutalement cette pensée en ce qu'il lui faudra revenir à la voie des apparences : les choses ne sont pas des mots.

ZÉNON D'ÉLÉE

Zénon est le principal disciple de Parménide. Il vécut à Élée comme son maître (dont on dit qu'il fut le fils adoptif, ou le mignon). On ne connaît pas ses dates de naissance et de mort, mais on peut supposer qu'il vécut entre 480 et 420 environ. Tout comme Parménide, il eut une activité politique ; d'après Diogène Laërce, il aurait cherché à renverser un tyran et y aurait laissé la vie (Diogène donne également une autre version dans laquelle ce serait le tyran qui aurait été tué ; quant à l'identité du tyran, Diogène n'en est pas sûr et donne deux noms, Néarque ou Diomédon).

Son œuvre a été consacrée à argumenter contre les détracteurs de Parménide. Il nous en reste quelques fragments (encadré 153) ; on lui attribue également quatre arguments qui sont restés très célèbres dans l'histoire de la philosophie. On présentera et commentera d'abord les fragments, puis on développera et explicitera successivement chacun des quatre arguments.

153. FRAGMENTS CHOISIS DE ZÉNON

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Si l'existant n'avait pas de grandeur, il n'existerait pas. [...] S'il existe, il est nécessaire que chaque existant ait une certaine grandeur, une certaine épaisseur, et qu'il y ait une certaine distance de l'un par rapport à l'autre. Et le même argument vaut pour celui qui est devant lui. Car celui-ci aussi aura une grandeur, et un certain existant se trouvera devant lui. Or le dire une fois revient à le dire sans cesse. Car aucun existant n'occupera le dernier rang, et il n'est donc aucun existant qui n'existe pas en relation avec un autre. Donc, si les existants sont multiples, il est nécessaire qu'ils soient à la fois petits et grands, petits au point de ne pas avoir de grandeur, et grands au point d'être illimités.

2. Car si on l'ajoutait à un autre existant, il ne le rendrait pas plus grand. Car si l'on ajoute à quelque chose quelque chose qui n'a pas de grandeur, il n'est pas possible que celle-là gagne en grandeur. Et de cette façon, il s'ensuit que ce qui a été ajouté n'était rien. Et si la soustraction de quelque chose opérée à partir d'une autre chose n'a pas pour effet de rendre celle-ci plus petite, de même que l'addition de quelque chose à autre chose n'a pas pour effet de l'augmenter, il est clair que l'ajouté ou le retranché n'était rien.

3. Si les existants sont multiples, il est nécessaire qu'il y en ait autant qu'il y en a, c'est-à-dire ni plus ni moins. Or, s'il y en a autant qu'il y en a, ils sont limités en nombre. Si les existants sont multiples, ils sont illimités. Car il y aura toujours d'autres existants entre les existants, et de nouveau d'autres existants entre ceux-ci. Par conséquent, les existants sont illimités.

(Ces trois fragments ont été rapportés par Simplicius dans son « Commentaire sur la Physique d'Aristote »)

4. L'aporie de Zénon réclame une explication. Car si tout existant se trouve dans un lieu, il est évident qu'il devra exister un lieu du lieu, et ainsi de suite jusqu'à l'infini. (*Aristote, Physique, IV, 1, 209 a 23*) – L'aporie de Zénon « Si le lieu est quelque chose, il doit être dans quelque chose » n'est pas difficile à résoudre. Rien n'empêche en effet que le premier lieu soit dans quelque chose d'autre, à condition qu'il n'y soit pas comme dans un lieu. (*Ibid., IV, III, 210 b 22*)

Les trois premiers fragments (encadré 153) concernent la question de la pluralité, ou de la divisibilité. Zénon veut prouver que les choses ne sont pas divisibles. Pour cela, il suppose deux cas : soit les choses sont infiniment divisibles et les éléments dont elles sont composées sont alors sans dimensions, soit les choses sont composées d'un nombre fini d'éléments indivisibles qui ont une dimension. Dans le premier cas, le tout est nul (car la somme d'éléments infiniment petits ne peut donner, pour Zénon, une grandeur finie non nulle – ce que Zénon exprime en disant que l'ajout ou le retrait d'un de ces éléments infiniment petits n'ajoute ni ne retranche rien à la chose). Dans le second cas, le tout est infiniment grand, car il faut quelque chose entre les éléments indivisibles pour les séparer les uns des autres ; ce ne peut être le vide puisque celui-ci n'est

pas reconnu avant les Atomistes (pour les Éléates, le vide serait un non-être, par conséquent il n'existe pas) ; ce doit donc être d'autres éléments qui séparent ces premiers éléments, il en faudra d'autres pour séparer ces éléments séparateurs, et ainsi de suite à l'infini ; comme les éléments ont ici une dimension, le tout sera infiniment grand. Le fragment 3 reprend la même argumentation à propos des choses elles-mêmes (au lieu des éléments constitutifs). Zénon montre ainsi que, si l'on suppose la pluralité des choses, on aboutit à deux conclusions opposées (elles sont en nombre fini, elles sont en nombre infini) ; il ne peut donc pas y avoir une pluralité des choses, pas plus qu'une divisibilité (ni de manière finie en éléments finis, ni indéfiniment en éléments infiniment petits). Il s'ensuit que le monde est un et continu ; la pluralité, la divisibilité (la pluralité des choses équivaut à la divisibilité du monde) ne sont que des apparences auxquelles Zénon oppose la rigueur du raisonnement, la rigueur de l'intelligible. On retrouve ici les thèses de Parménide.

Ces arguments nous apparaissent plus ou moins sophistiques. Zénon ne pouvait utiliser la notion de vide ; il confondait infinie petitesse et nullité ; dans son raisonnement il ne sait pas distinguer une divisibilité physique et une divisibilité mathématique (idéale). C'est sans doute là le nœud du problème. Une telle argumentation ne peut guère se comprendre que comme réaction aux thèses pythagoriciennes. La pluralité et la divisibilité ici critiquées sont celles dont usent les Pythagoriciens. Cette notion de « quelque chose » pour séparer les choses (quelque chose qui ne peut être le vide) rappelle l'usage que ceux-ci font de l'air illimité que respire le monde pour séparer les choses les unes des autres. La question de savoir si les éléments dont sont composées les choses ont ou non une dimension finie (et la « démonstration » de l'impossibilité de l'un ou l'autre cas) touche à celle de l'unité pythagoricienne ; unité mal précisée puisqu'elle est parfois un point mathématique, parfois un élément physique (confusion qui mène aux aberrations d'Eurytos, avec son nombre du cheval ou de l'homme). Ce que vise ici Zénon, c'est très largement l'irrationalité de l'usage que font les Pythagoriciens des mathématiques en physique ; et cela peut-être dans le cadre de la crise des nombres irrationnels.

Un autre argument de Zénon allant exactement dans le même sens est celui des grains de millet, que Simplicius met ainsi en scène sous forme d'un dialogue (sans doute imaginaire) entre Zénon et Protagoras :

« Dis-moi donc, Protagoras, disait-il, si c'est un grain de mil qui fait du bruit en tombant, ou au contraire si c'est la dix-millième partie du grain qui fait du bruit en tombant ? » Comme Protagoras répondait que non : « Est-ce qu'un boisseau de grains de mil, disait-il, fait ou non du bruit ? » Comme il répondait que le boisseau fait du bruit : « Serait-ce donc, poursuivait Zénon, qu'il n'existe aucun rapport entre le boisseau de grains de mil et un grain, et entre un dix-millième de grain et un grain ? » Comme Protagoras assurait qu'il y en avait un : « Eh bien alors, disait Zénon, n'y aura-t-il pas le même rapport en ce qui concerne le bruit ? Car tels sont les bruits, telles sont les causes du bruit. Par conséquent, si le boisseau de mil fait du bruit, un grain devra faire du bruit, et de même un dix-millième de grain. » Tel est l'argument dont Zénon usait dans l'interrogatoire dialectique.

L'argument est le même que les précédents ; il vise la divisibilité et, à travers elle, l'application des mathématiques à la physique. Le choix d'un exemple concernant le son n'est peut-être pas innocent, quand on se rappelle que la musique avait été élevée par les Pythagoriciens au rang d'une des branches de la mathématique, et que cette musique servait de paradigme pour ce qui touche aux rapports entre la mathématique et la physique. Le parallèle entre les rapports des sons et les rapports des objets produisant les sons (ici les grains de millet) rappelle fortement celui qu'ont pu faire les Pythagoriciens entre les longueurs des cordes de la lyre, les vases plus ou moins pleins, etc., et les sons émis. Zénon attaque ici non seulement la divisibilité pour mettre en avant l'unité et la continuité de l'être, mais aussi – et de manière directe, sur une question d'acoustique – le rapport des mathématiques et de la physique que faisaient les Pythagoriciens. Ces derniers ne connaissaient pas la théorie des cordes vibrantes, ni celle du son en général, leurs conceptions musicales n'étaient donc pas solidement étayées, si ce n'est par l'observation des accords de la lyre (à condition que ses cordes soient identiques en matière, diamètre et tension, et qu'elles ne diffèrent que par la longueur – ce qui n'est pas une expérience très facile à réaliser quand on ne connaît pas les principes élémentaires) ; l'argument des grains de millet pouvait alors leur être opposé de manière recevable. Vu l'importance de la musique dans la secte, c'était bien le principe des relations entre mathématiques et physique qui était visé. Aux arguments « théoriques » précédemment évoqués, Zénon ajoute ici un argument « expérimental » (opposé à l'argument expérimental des cordes de la lyre).

Le fragment 4 de l'encadré 153 relève d'une autre question, celle de l'espace (ou du « lieu »). Zénon semble vouloir démontrer qu'il n'y a pas d'espace. Ce qu'il faudrait en fait comprendre comme suit : la critique porterait sur la distinction du corps et de l'espace qu'il occupe, distinction qui poserait l'espace comme une sorte de chose indépendante du corporel (et donc indépendante de l'être, car chez Parménide l'être est à la fois matériel et spatial), c'est-à-dire un espace vide. Ce serait donc contre le vide que l'argument est dirigé. Vide qui rendrait possible la séparation des choses (et donc la pluralité et la divisibilité), vide qui rendrait possible le mouvement (alors que l'être est aussi immobile qu'indivisible et continu chez les Éléates), vide qui pourrait aussi être plus ou moins assimilé à l'air illimité des Pythagoriciens, air illimité qui non seulement sépare les choses mais aussi entoure le monde (peut-être y avait-il eu une objection contre l'être sphérique de Parménide : si cet être est fini, il doit y avoir quelque chose qui l'entoure, l'air illimité ou un espace vide – voir à ce propos la démonstration de l'infinitude de l'univers par Archytas, qui est postérieur à Zénon, page 220 ; Mélissos, Éléate contemporain de Zénon, penchera, lui, pour l'infinitude de l'être).

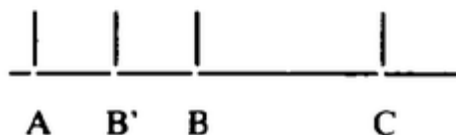
Outre ces fragments, il reste de Zénon quatre arguments dits « contre le mouvement », rapportés par divers auteurs, dont notamment Aristote (*Physique*). Ce sont, dans l'ordre, la dichotomie, l'Achille, la flèche, le stade (encadré 154).

154. LES QUATRE ARGUMENTS DE ZÉNON

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988 ; Burnet ; Tannery)

La dichotomie

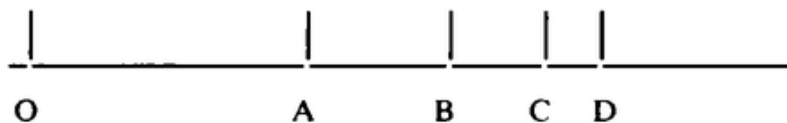
Le premier argument porte sur l'inexistence du « se mouvoir », compte tenu du fait que le mobile doit d'abord parvenir à la moitié avant d'atteindre le terme de son trajet. (Aristote, *Physique*, VI, IX, 239 b 9)



Un mobile partant de A pour aller en C doit déjà arriver en B, qui se trouve à mi-chemin entre A et C ; mais pour arriver en B, il doit déjà arriver en B' qui se trouve à mi-chemin entre A et B ; et ainsi de suite à l'infini. Le mobile parti de A ne pourra donc jamais atteindre C en un temps fini.

L'Achille

Le second argument est celui que l'on appelle l'*Achille*. Il consiste à dire que le plus lent à la course ne peut pas être rattrapé par le plus rapide, étant donné que le poursuivant doit nécessairement atteindre le point d'où le poursuivi est parti, de telle sorte que le plus lent doit sans cesse avoir une certaine avance. (Aristote, *Physique*, VI, IX, 239 b 14)



Si la tortue est en A quand Achille part en O, elle sera en B quand celui-ci sera en A ; quand Achille sera en B, elle sera en C, et ainsi de suite. Achille se rapproche sans cesse de la tortue, mais il ne pourra pas la rattraper.

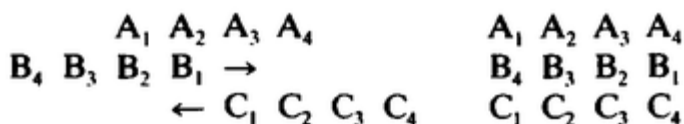
La flèche

Si un objet quelconque est en repos, lorsqu'il ne s'est pas déplacé du lieu qui est égal à ses propres dimensions, et si d'autre part cet objet qui se meut est sans cesse dans le lieu qu'il occupe présentement, la flèche qui se déplace est immobile. (*Aristote, Physique, VI, IX, 239 b 5*)

La flèche qui vole est en repos. Car si chaque chose est en repos quand elle occupe un espace égal à lui-même, et si ce qui vole occupe toujours un espace égal à lui-même, il ne peut pas se mouvoir.

Le stade

Le quatrième argument est celui qui fait appel à deux trains formés d'une succession de masses égales et qui se croisent sur un stade en passant, l'un comme l'autre devant un train immobile. La queue du premier train (C) est située à l'une des extrémités du stade ; la tête de l'autre train (B) est située au milieu ; les deux trains vont à vitesse égale. Pour Zénon, la conséquence est que la moitié du temps est égale au double. (*Aristote, Physique, VI, IX, 239 b 33*)



Le point de départ est celui de la figure de gauche. Les B et C ont des mouvements en sens inverses, d'égales vitesses. L'arrivée est donnée par la figure de droite. Les masses A restent immobiles, B₁ passera dans le même laps de temps devant deux masses A (A₃ et A₄) et devant quatre masses C. Comme les longueurs des séries sont les mêmes, on arrive à la conclusion que B a couvert en un même temps deux distances inégales. Le paralogisme le plus évident provient de ce que Zénon néglige la loi de composition des vitesses (la vitesse de B par rapport à C est deux fois plus grande que par rapport à A), mais il y a aussi une interprétation plus subtile ; voir le texte général ci-après.

Ces quatre arguments ont souvent été compris comme voulant démontrer l'impossibilité du mouvement. Chaque époque a essayé de montrer leur fausseté et leur caractère sophistique. Le paralogisme du quatrième argument (le stade) sera discuté plus loin. L'argument de la flèche, outre ce qu'on en dira ci-dessous, repose sur une conception du repos qui est transposée telle quelle au mouvement ; il est alors facile d'en conclure que la flèche qui vole est en repos. Les deux premiers arguments (la dichotomie et l'Achille) sont plus subtils et relèvent, pour la démonstration de leur inanité (lorsqu'on les considère comme voulant réellement démontrer qu'Achille ne rattrapera jamais la tortue, ou que le mobile parti de A n'atteindra jamais C), du calcul infinitésimal (que ne pouvait

évidemment connaître Zénon). Dans l'un et l'autre cas, les distances à parcourir pour atteindre le but sont de plus en plus petites, et, en conséquence, les temps mis pour les parcourir sont de plus en plus courts ; si l'espace est divisible à l'infini, le temps l'est également, de sorte que la distance finie pourra être parcourue en un temps fini.

Avant de les commenter plus en détail, on doit remarquer l'arrangement particulier des arguments. Le premier et le troisième touchent au mouvement absolu, ne mettant en jeu qu'un seul mobile. Le deuxième et le quatrième concernent le mouvement relatif de deux mobiles l'un par rapport à l'autre. Dans les premier et deuxième, il s'agit de découper l'espace parcouru par une succession infinie de divisions. Dans les troisième et quatrième, c'est au contraire le temps que l'on divise, pour montrer qu'une succession de moments de repos ne donne pas un mouvement, ou que dans un même laps de temps deux mobiles ayant la même vitesse absolue parcourent des distances différentes. Ces quatre arguments forment donc un tout bien structuré. Il faut maintenant essayer de comprendre ce qu'ils veulent dire.

Il est bien évident que Zénon sait que le mobile parti de A arrivera en C en un temps fini, qu'Achille rattrapera la tortue et que la flèche vole. Ce n'est donc pas une simple démonstration de l'impossibilité du mouvement qu'il cherche à faire. Si l'on en croit le *Parménide* de Platon, c'est pour défendre les thèses de son maître et montrer que les partisans de la pluralité aboutissaient à des conséquences contradictoires que Zénon aurait écrit son livre. C'est dans cette optique de critique de la pluralité (ou divisibilité) qu'il faudrait comprendre ces arguments (comme les fragments précédemment évoqués), plutôt que comme démonstration de l'impossibilité du mouvement. Zénon aurait voulu montrer que les détracteurs de Parménide qui défendent la divisibilité et le mouvement ne sont pas cohérents, puisque cette divisibilité et ce mouvement ne sont pas compatibles entre eux.

Dans les deux premiers arguments (dichotomie et Achille), il veut montrer que, si l'on admet l'infinie divisibilité de l'espace, le mouvement (par rapport à un point fixe ou par rapport à un autre mobile) est impossible : si le segment de droite est composé d'une infinité de points, il ne pourra pas être parcouru par un mobile en un temps fini (car le mobile n'aura jamais épuisé cette infinité de points par lesquels il doit passer avant de parvenir à l'extrémité du segment). En fait, comme on l'a dit ci-dessus, Zénon ne tient pas compte ici du fait que le temps peut être, lui aussi, infiniment divisé, et qu'ainsi au segment de droite limité composé d'une infinité de points peut correspondre un laps de temps limité composé d'une infinité d'instants.

Dans le troisième argument, Zénon ne s'intéresse plus à la divisibilité de l'espace, mais à celle du temps. Toujours pour montrer que, si le temps est infiniment divisible, le mouvement est impossible ; et donc que les partisans du mouvement et de la divisibilité (ou pluralité) sont en contradiction avec eux-mêmes. L'argument apparaît plus spécieux que les précédents dans sa formulation, mais il est construit de la même façon. Si le temps est divisible en

une infinité d'instants, la flèche à chacun de ces instants occupe un espace égal à elle-même (c'est-à-dire qu'elle est immobile – cette occupation d'un volume égal à elle-même est l'expression employée par Zénon pour faire comprendre qu'en un temps infiniment court la flèche ne peut parcourir une longueur finie, et qu'elle reste donc dans son volume). Pas plus que l'addition de ces instants (temps infiniment courts) ne peut donner une durée (d'après les fragments évoqués ci-dessus), l'addition des « immobilités successives » de la flèche ne peut donner un mouvement. Ici aussi Zénon ne tient compte que d'un des facteurs : si le temps est infiniment divisible, l'espace l'est aussi, et donc dans un temps infiniment court la flèche parcourt un espace infiniment court. Dans les trois arguments, Zénon assimile une distance ou un temps infiniment court à une distance ou un temps nul.

Le quatrième argument est de tous celui qui paraît le plus sophistique. Nous en donnons une interprétation d'après A. Rey (qui, lui-même, reprend celle de Brochard). Il faudrait considérer les « masses » A, B et C comme des indivisibles spatiaux, et le temps comme composé lui aussi d'éléments indivisibles. Si l'on se reporte à la figure de départ dans l'encadré 154, on voit que B₁ est sous A₂ ; au bout d'un « élément de temps » indivisible, il sera sous A₃ qui est contigu à A₂. Dans le même élément de temps indivisible, C₁ qui était sous A₃ est passé sous A₂. B₁ et C₁ se sont donc nécessairement croisés dans leur mouvement, et ont été un moment alignés dans une position intermédiaire entre A₂ et A₃. Mais, si le temps est composé d'éléments indivisibles et que, dans un seul de ces éléments de temps, B₁ est passé de A₂ à A₃, et C₁ de A₃ à A₂, il ne peut pas y avoir un tel moment où B₁ et C₁ se sont croisés. On peut faire le même raisonnement pour ce qui concerne la position intermédiaire entre A₂ et A₃, lieu du croisement, puisque ceux-ci sont des éléments d'espace indivisibles et contigus ; l'argument toucherait alors à l'espace plutôt qu'au temps. Si donc on admet la divisibilité du temps (ou de l'espace) en éléments eux-mêmes indivisibles (une pluralité d'éléments indivisibles), le mouvement est impossible. Cet argument complète les trois précédents où l'on envisageait une divisibilité infinie de l'espace et du temps.

On le voit, les arguments de Zénon ne doivent pas être compris comme visant simplement à démontrer l'impossibilité du mouvement. Outre qu'il aurait été facile de lui prouver l'existence de celui-ci en marchant (la tradition veut que Diogène le Cynique, ou Antisthène, ait répondu de la sorte aux dits arguments), il faut bien voir qu'il aurait alors cherché à prouver cette impossibilité en recourant à la divisibilité ; laquelle divisibilité est tout autant opposée aux thèses éléates que le mouvement. Ces arguments sont destinés à montrer que les détracteurs de Parménide, ceux qui affirment contre lui le mouvement et la divisibilité, ne sont pas cohérents et qu'ils aboutissent à des conséquences absurdes (puisque la divisibilité et le mouvement sont, d'après les quatre arguments, inconciliables). Si Zénon prétend impossibles le mouvement, la divisibilité et la multiplicité, ce n'est pas avec ces arguments qu'il le prouve (ce serait avec les démonstrations de Parménide, ou les raisonnements exposés dans

l'encadré 153). Il faut retenir ceci : les quatre arguments ne sont pas des démonstrations des thèses éléates sur le mouvement ou la divisibilité, mais les démonstrations de l'incohérence des partisans du mouvement et de la divisibilité (ou pluralité) en ce que ceux-ci sont inconciliables. Quels sont donc les penseurs que vise ainsi Zénon ?

Ce sont sans doute les Pythagoriciens, mais peut-être aussi les Pluralistes Empédocle et Anaxagore, et l'Atomiste Leucippe, qui sont à peu près contemporains de Zénon (Anaxagore et Leucippe sont sans doute un peu plus vieux que lui, mais un peu plus jeunes que Parménide). Comme nous étudierons les Pluralistes et les Atomistes dans le chapitre suivant, nous ne parlerons pas d'eux ici ; que l'on sache seulement qu'ils admettaient la divisibilité (infinie, comme Anaxagore ; ou finie, comme Leucippe), et en cela étaient sujets à être critiqués par Zénon. On objectera que, pas plus que pour Parménide et Xénophane (hormis, pour celui-ci, la remarque sur la croyance à la métempsychose de Pythagore), la doxographie ne nous indique exactement qui Zénon attaque. Les textes ne désignent ces adversaires que comme les partisans de la pluralité. À l'époque de Parménide, les partisans de la pluralité sont les Pythagoriciens ; à l'époque de Zénon, ce sont toujours les Pythagoriciens, mais aussi Anaxagore, Empédocle et Leucippe.

Tout comme chez Parménide, les mathématiques sont absentes chez Zénon. Mais, tout comme chez Parménide, cette absence ressemble fort à une critique de l'usage qui en était fait en physique. Tout ce que dit Zénon peut se comprendre comme une dénonciation des abus pythagoriciens, de la manière dont ils appliquaient les principes numériques à la nature, de la mauvaise définition de leur « unité » (à la fois un nombre abstrait, un point mathématique et une particule ayant étendue et matière, avec des passages de l'un à l'autre), de la mauvaise conception de la divisibilité qui s'ensuit, etc. ; ce qu'il faut peut-être également relier à la question des nombres irrationnels, à l'incommensurabilité du côté et de la diagonale du carré. Cette incommensurabilité est en effet très proche parente du problème de la divisibilité à l'infini : l'incommensurabilité provient de l'inexistence d'un diviseur commun aux deux grandeurs.

On peut s'étonner que ni Parménide ni Zénon n'aient pensé à utiliser cet argument de l'incommensurabilité pour combattre les thèses pythagoriciennes. Malgré le secret entourant les travaux des Pythagoriciens, les nombres irrationnels et l'incommensurabilité du côté et de la diagonale du carré devaient être connus du « public » à l'époque de Parménide et, *a fortiori*, à celle de Zénon. On peut penser que c'est même dans le cadre de la crise des mathématiques et de la physique pythagoricienne que ces notions ont dû provoquer, que la critique éléate s'est développée. L'absence de référence à ces notions par Parménide et Zénon se comprendrait, tout comme l'absence de toute mathématique chez eux, en ce qu'ils ont jugé que les mathématiques, du fait de cette crise, étaient contradictoires, et ne sauraient donc être utilisées dans une argumentation (leurs critiques serviraient à améliorer ces mathématiques, en ce qui concerne les notions d'infini et de continu). Si c'était le cas, l'exigence de rationalité des Éléates était

adressée non seulement aux applications physiques des mathématiques que faisaient les Pythagoriciens de manière abusive, mais aussi à ces mathématiques elles-mêmes, remises en question par la découverte des nombres irrationnels (la vérité ne pouvait plus être mathématique, non seulement parce que ces mathématiques ne pouvaient rendre compte du rapport du côté et de la diagonale du carré, ni *a fortiori* de problèmes physiques plus compliqués, mais aussi parce qu'elles étaient contradictoires en elles-mêmes – voir par exemple les nombres qui doivent être à la fois pairs et impairs dans la démonstration de l'irrationalité de la racine de 2). Parménide, qui était sans doute de formation pythagoricienne, aurait alors décidé d'abandonner les conceptions de la secte, et de développer une « physico-ontologie » parfaitement rationnelle et intelligible (la voie de la vérité – avec les limites qu'il a dû lui découvrir). D'une certaine manière, la critique éléate serait née à la fois de l'exigence de rationalité et de la crise qui semblait remettre en cause cette rationalité et cette intelligibilité dans les mathématiques, et qui les avait fait déchoir de leur statut de « vérité-pureté ». Cette origine, peu visible chez Parménide parce que celui-ci utilise des arguments provenant de Xénophane (soit tels quels, soit développés et améliorés), apparaît mieux chez Zénon avec la question de la divisibilité à l'infini évoquée dans les fragments et les arguments.

On rattache également à l'école d'Élée Mélissos de Samos, qui était à peu près contemporain de Zénon. Comme celui-ci, il reprit à son compte les thèses de Parménide, en les modifiant quelque peu – notamment, il accorda à l'être l'infinitude (alors que, pour Parménide, l'être est sphérique et fini). Il s'intéressa également à la question de l'air (ce qui l'a parfois fait considérer comme un disciple d'Anaximène) ; il prétendit que l'être ne peut être condensé ni raréfié car ces deux opérations supposent l'existence du vide ; l'être ne peut donc être l'air, qu'Anaximène considérait comme l'*arché* (c'est à peu près à cette époque qu'Anaxagore et Empédocle mettent en évidence la corporéité de l'air, et les deux démonstrations utilisent les propriétés de compression). D'une manière générale, Mélissos est tenu pour un penseur mineur, quoiqu'on puisse parfois voir en lui un intermédiaire entre les Éléates et Platon (en ce qu'il semble considérer que l'Être réel est de nature idéale).

CONCLUSION

Malgré l'apparence un peu sophistique de leurs arguments, c'est par leur exigence de rationalité dans l'appréhension de la nature que les Éléates ont un rôle dans l'histoire de la pensée. Chacun d'eux a des mérites qui lui sont propres, mais la doctrine centrale, complète, est due à Parménide ; Xénophane ne fait que le préfigurer, Zénon et Mélissos le compléter (et parfois le déformer). Cette exigence de rationalité, qu'on ne trouve ni dans les fables analogiques des Milésiens, ni dans la mystique mathématique pythagoricienne, se manifeste dans

la volonté d'une intelligibilité directe du monde, intelligibilité qui se confond avec l'appréhension de ce monde à travers le langage.

La difficulté – pour ne pas dire l'impossibilité – d'une intelligibilité directe de la nature en une physico-ontologie va faire pencher l'éléatisme du côté de la sophistique. Les raisonnements sont apparemment justes mais en fait entachés de paralogismes. Le langage, la joute verbale, mais aussi la jonglerie verbale, deviennent les fondements de la pensée. Même si on qualifie Zénon de père de la dialectique (sa manière de montrer la contradiction interne de la thèse adverse dans ses quatre arguments est un bon exemple de cette dialectique), même si on l'accuse parfois d'avoir monnayé ses leçons (accusation qui n'est peut-être pas justifiée, mais qui est le reproche type adressé aux Sophistes par Socrate et Platon), on ne peut pas vraiment qualifier les Éléates de Sophistes. Mais, incontestablement, leur manière de raisonner, leur « ivresse linguistique », est proche parente des méthodes des Sophistes (si elle n'est pas directement leur origine). La philosophie des Sophistes est, malgré cela et bien qu'elle ne soit pas homogène, assez éloignée de celle des Éléates : sensualisme, scepticisme, empirisme, ... Socrate et Platon leur ont fait une bien mauvaise réputation, parfois de manière injuste (assimilant la rétribution de leurs leçons à de la prostitution). En fait, les thèses développées par ces Sophistes sont loin d'être sans intérêt, comme on peut s'en rendre compte dans l'encadré 155 qui présente les principaux d'entre eux.

155. LES SOPHISTES

(Réf. : Dumont, 1969)

Antiphon le Sophiste vécut de 479 à 411 av. J.-C. On a déjà évoqué son œuvre mathématique à propos de la quadrature du cercle (encadré 141 page 181). Il est aussi, d'une certaine manière, l'inventeur de la psychanalyse : outre qu'il interprétait les rêves (pratique courante à son époque pour les devins), « à Corinthe, il ouvrit un cabinet donnant sur l'agora et fit circuler des prospectus indiquant qu'il était en possession de moyens permettant de guérir les gens affligés de douleurs en recourant au langage, et qu'il suffisait que les malades lui confiassent les causes de leurs maux pour qu'il les soulageât » (Pseudo-Plutarque). Il professait par ailleurs que « chez tous les hommes la pensée gouverne le corps, en matière de santé et de maladie et par tout le reste » (Galien). On connaît encore de lui quelques thèses de biologie et de médecine (notamment une conception de la génération spontanée), d'astronomie, mais aussi des textes philosophiques et politiques (priorité de l'éducation, l'usage fait la propriété, égalité des hommes, ...). Il fut le maître de Critias (voir ci-dessous) et de l'historien Thucydide. Il dut boire la ciguë comme traître à sa patrie, subissant ainsi le sort que connaîtra 12 ans plus tard Socrate, dont il était l'adversaire.

Bryson d'Héraclée : voir encadré 141 page 181.

Critias (450-403 av. J.-C.) est plus connu comme homme politique que comme penseur ; il fut en effet un des Trente Tyrans qui, à un moment, renversèrent la démocratie athénienne. Il était apparenté à Solon et à Platon, et fut l'élève d'Antiphon (on dit aussi qu'il fut celui de Socrate). Il reste de lui quelques textes en vers (poèmes, fragments divers) et des discours politiques.

Gorgias de Léontium (485-380 av. J.-C.), né en Sicile, est présenté comme le disciple d'Empédocle (dont il ne devait pas être le cadet de beaucoup). C'est le type même du Sophiste ; il développa l'art oratoire ; poussa cet art jusqu'à affirmer contre les Éléates que l'être n'est pas, que rien n'existe, que s'il existe quelque chose, ce quelque chose ne peut être appréhendé, que même s'il est appréhendé, il ne peut être énoncé et expliqué à quelqu'un. Ces thèses et leurs démonstrations sont longuement rapportées par Sextus Empiricus (*Contre les Logiciens*).

Hippias d'Élis vécut dans la seconde moitié du ^{ve} siècle av. J.-C. ; on a déjà évoqué ses travaux mathématiques, son invention de la quadratrice (encadrés 138 et 141). On lui attribue aussi l'invention de méthodes mnémotechniques. Il s'était fait un idéal de tout connaître et de tout savoir faire, de se suffire à lui-même. Il eut une activité politique, notamment comme ambassadeur. Tertullien prétend qu'il fut condamné à mort pour avoir comploté contre sa patrie.

Lycophron (^{ve} siècle av. J.-C.?) définissait la science comme la communion du savoir et de l'âme, considérait la loi comme un contrat entre les membres de la cité (et non comme un moyen de rendre les citoyens justes et bons), et rejetait l'usage de la copule « est » afin d'éviter d'introduire la multiplicité dans l'être (confusion des différentes fonctions du verbe être : identité, attributivité, existence).

Prodicos de Céos (^{ve} siècle av. J.-C.) fut ambassadeur de son île à Athènes, où il fonda une école, après avoir été l'élève de Protagoras (voir ci-dessous). Il avait une grande réputation de savoir, mais aussi celle de faire payer ses leçons. On ne connaît pas exactement ses thèses, si ce n'est qu'il était soucieux de bien préciser les termes qu'il employait.

Protagoras (fin ^{ve} siècle av. J.-C.) était originaire d'Abdère ; la tradition veut qu'il y ait été portefaix, mais qu'il y rencontra Démocrite dont il devint l'élève. Il vint à Athènes, y enseigna contre rétribution, dut s'enfuir sous l'accusation d'impiété (ses livres auraient même été brûlés par les Athéniens). Sa thèse la plus célèbre est son relativisme exposé dans l'aphorisme selon lequel l'homme est la mesure de toutes choses. Relativisme doublé d'un scepticisme : « Des dieux, je ne saurais dire qu'ils existent, ni qu'ils n'existent pas. » Il a en outre la réputation d'avoir développé l'éristique, l'art d'argumenter.

Thrasymaque fut postérieur à ces Sophistes, puisqu'il passe pour avoir été l'élève de Platon et d'Isocrate. Il se consacra essentiellement à la rhétorique.

Xéniade (v^e siècle av. J.-C.?) aurait affirmé, d'après Sextus Empiricus, que la connaissance est impossible, que tout ce qui est a été engendré à partir du non-être, que c'est en non-être que ce qui est se corrompt (thèses qui ne sont sans doute pas sans rapport avec l'éléatisme).

Comme on le voit dans cet encadré 155, outre leur ivresse linguistique, les Sophistes se rapprochent de l'école d'Élée par leurs thèmes de réflexion, mais ils semblent souvent revenir à Xénophane dans leur scepticisme et leur relativisme. Tout se passe comme si, beaucoup mieux que les Éléates, ils s'étaient rendu compte du rôle que jouait le langage dans tout cela. Conscience de ce rôle du langage qui chez eux s'exprime de deux manières : approfondissement de l'utilisation du langage dans la persuasion et l'enseignement (éloquence, dialectique, éristique, rhétorique ; presque tous les Sophistes délivraient un enseignement pour lequel ils se faisaient payer), et, par ailleurs, scepticisme et relativisme nés de cette trop grande science du langage (on dit que Protagoras fut le premier à prétendre qu'à tout argument on pouvait opposer un argument égal – c'est-à-dire qu'il était possible de démontrer n'importe quoi et son contraire). L'intelligible, ce dont on peut parler, est loin de constituer pour eux la voie de la vérité, comme ce l'était pour Parménide (il est vrai que, si notre interprétation est exacte, Parménide s'est sans doute rendu compte de la brièveté de la voie de la vérité, d'où la voie des apparences vouée aux mortels). Cette conscience du rôle du langage, chez les Sophistes, a même été jusqu'à la préfiguration de la psychanalyse qu'avait faite Antiphon.

D'une manière générale, et cela aussi bien pour les Éléates que pour les Sophistes (du moins lorsqu'on envisage leur relativisme et leur scepticisme), ce qui caractérise ce courant de pensée et qui n'existe pas chez les Milésiens ou les Pythagoriciens, c'est la critique épistémologique (seul Héraclite, contemporain de Parménide, en présente quelques traces). Critique épistémologique, c'est-à-dire soucieux de la validité de la connaissance, soucieux des moyens par lesquels elle s'acquiert, et d'abord soucieux de la possibilité de la connaissance (alors que Milésiens et Pythagoriciens se sont surtout souciés d'étendre cette connaissance, de manière souvent critiquable sur le plan épistémologique).

Chapitre V

Les Pluralistes et les Atomistes

Bien qu'elles diffèrent sensiblement les unes des autres, les conceptions des Pluralistes (Anaxagore et Empédocle) et des Atomistes (Leucippe et Démocrite) ont ceci en commun qu'elles admettent toutes une pluralité d'éléments primordiaux (au contraire des Ioniens qui n'en admettaient qu'un, et du dualisme pythagoricien fondé sur l'opposition des contraires ; sans même parler de la physico-ontologie éléate où l'unité et l'unicité de l'être étaient un dogme).

Trois de ces auteurs, Anaxagore, Empédocle et Leucippe sont à peu près contemporains de Parménide et de Zénon ; le quatrième, Démocrite, est un peu plus jeune et devait se trouver dans la même « tranche d'âge » que Socrate, Philolaos et les deux Hippocrate (celui de Chio, le mathématicien, et celui de Cos, le médecin).

Bien qu'Anaxagore ait dû avoir une dizaine d'années de plus qu'Empédocle, on admet en général que celui-ci publia son œuvre avant lui. On étudiera cependant d'abord les thèses d'Anaxagore, parce qu'elles eurent beaucoup moins d'influence sur l'évolution de la science (et de la philosophie) que celles d'Empédocle, dont la physique, via celle d'Aristote, inspira la quasi-totalité des sciences naturelles jusqu'à une date fort tardive (la Renaissance).

Des théories de Leucippe et de Démocrite, nous ne pourrions exposer que celles du second, qui était le disciple du premier. Il ne nous reste pratiquement rien qui soit de Leucippe. L'atomisme antique nous est parvenu comme la théorie de Démocrite, et il est quasiment impossible de dire ce qui, dans cet atomisme, revient véritablement à Démocrite et ce qui revient à son maître Leucippe. Ce qui sera exposé devra donc être considéré comme la conception que Démocrite a élaborée à partir des thèses de Leucippe.

ANAXAGORE DE CLAZOMÈNES

Anaxagore est né en Ionie, à Clazomènes (un peu au nord de Milet, à proximité de Colophon et d'Éphèse, les villes natales de Xénophane et Héraclite) vers l'an 500 av. J.-C. Il est parfois considéré comme l'élève d'Anaximène, ce que les dates rendent impossible : peut-être faut-il entendre par là qu'il a reçu une formation de type milésien. Il vint à Athènes et s'y installa, sans doute vers 480 au moment de l'expédition des Perses de Xerxès contre la Grèce. Il devint ainsi le premier philosophe athénien ; avant lui, l'essentiel de la pensée philosophique siégeait en Ionie (Milet, Éphèse) et en Italie du Sud (Crotone, Élée, ...). À Athènes, il fut peut-être le maître de Socrate, et sans doute celui

d'Euripide et de Périclès ; Périclès qui fut politiquement son protecteur et dont il subit le contrecoup de la disgrâce. Vers 430, on lui fit un procès pour impiété (selon une autre tradition – non contradictoire, mais plus précise –, l'accusation portait sur le fait qu'il avait déclaré que le Soleil était une pierre incandescente ; conception qu'il faut rapprocher d'une autre tradition selon laquelle Anaxagore aurait vu un aérolithe tombé en 468 près de l'Aegos-Potamos). Toujours est-il qu'il dut s'exiler (soit par condamnation, soit pour échapper à une condamnation plus lourde) à Lampsaque (sur la côte de l'actuelle Turquie, près du détroit des Dardanelles), où il mourut en 428, après y avoir fondé une école.

Il n'aurait écrit qu'un seul livre, publié à la fin de sa vie, dont il nous reste plusieurs fragments. Comme nous l'avons dit ci-dessus, on admet en général qu'Empédocle avait déjà publié son œuvre ; si bien que, s'il y avait eu influence, ce serait celle d'Empédocle sur Anaxagore plutôt que l'inverse. Parmi les disciples qui continuèrent son œuvre, on peut citer Archélaos, dont Socrate aurait suivi l'enseignement. Les encadrés 156 et 157 présentent la doxographie et les fragments d'Anaxagore.

156. DOXOGRAPHIE CHOISIE D'ANAXAGORE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. [Anaxagore] disait que le principe du tout est l'Intellect et la matière, l'Intellect (*Noûs*, *Nous*) étant l'agent et la matière étant ce qui subit la génération. Toutes les choses étaient ensemble. Ensuite vint un intellect qui les mit en ordre. Il dit que les principes matériels sont illimités et que les plus petits d'entre eux sont des illimités. (*Hippolyte, Réfutations de toutes les hérésies*, I, 8, 1) – Anaxagore, fils d'Hégésibule, de Clazomènes, après avoir adhéré à la philosophie d'Anaximène, apporta le premier une transformation aux thèses relatives aux principes et suppléa à l'absence de cause qui manquait en conférant d'abord un caractère illimité aux réalités corporelles. Car toutes les homéoméries comme l'eau, le feu ou l'or, échappent à la génération et à la corruption ; le phénomène apparent de leur naissance et de leur destruction résulte seulement de la composition et de la discrimination : toutes choses sont en effet dans toutes choses et chacune reçoit son caractère de la chose qui prévaut dans sa nature. Ainsi a l'apparence de l'or ce qui renferme en soi l'or en plus grande quantité, bien que toutes choses soient contenues en lui. [...] Anaxagore ajouta ensuite l'Intellect comme cause du mouvement et de la génération, disant que c'est sous l'effet de la discrimination opérée par l'Intellect que [les homéoméries] engendrent les mondes, ainsi que la substance des autres choses. (*Simplicius, Commentaire sur la Physique d'Aristote*, 27, 2) – Anaxagore en était arrivé à cette conception, parce qu'il considérait que rien ne saurait naître du néant et que tout tire sa nourriture du semblable. C'est qu'il constatait que tout naît de tout, et cela non d'une manière

immédiate, mais selon un certain ordre (l'air naît en effet du feu, l'eau de l'air, la terre de l'eau, la pierre de la terre, et de nouveau le feu de la pierre ; et la même nourriture, par exemple le pain, donne naissance à des choses multiples et dissemblables : les chairs, les os, les veines, les nerfs, les cheveux, les ongles et éventuellement les ailes et les cornes, tandis que le semblable s'accroît par le semblable). Il supposa par conséquent qu'il existe dans la nourriture et dans l'eau, du bois, de l'écorce et du fruit, puisque les plantes s'en nourrissent. Aussi conclut-il que tout est mélangé à tout et que la génération se produit par discrimination. (*Ibid.*, 460, 4)

2. Toutes choses participent au mouvement, du fait qu'elles sont mues par l'Intellect, et les semblables se rassemblent. Celles qui se trouvent dans le ciel sont ordonnées par le mouvement circulaire. Le dense et l'humide, l'obscur et le froid et tous les pesants se rassemblent au centre ; c'est de leur entassement compact que la terre est formée ; en revanche leurs contraires, le chaud et le brillant, le sec et le léger, se sont élancés au sommet de l'éther. La Terre a une forme plate ; elle demeure immobile et flotte dans les airs à cause de sa grandeur, à cause de son absence de vide, et à cause de ce que l'air, de nature très résistante, supporte la Terre qui y est en suspens. La mer a été formée des zones humides de la Terre, à la fois des eaux qui se trouvaient en elle et qui, après avoir été aspirées, ont ainsi constitué les basfonds, et de l'écoulement des fleuves. Les fleuves tirent leur substance des pluies et des eaux souterraines, car la Terre est creuse et renferme de l'eau dans ses cavités (*explication des sources*). Le Nil grossit pendant l'été à cause du déversement dans son cours des eaux produites par les neiges des régions antarctiques. Le Soleil, la Lune et tous les astres sont des pierres incandescentes entraînées ensemble dans un mouvement circulaire par la rotation de l'éther. Il existe en dessous des astres certains corps entraînés avec le Soleil et la Lune et qui échappent à notre vue. Nous ne percevons pas la chaleur qui vient des astres, à cause de la grandeur [de la distance] qui les sépare de la Terre. [...] Le Soleil est plus grand que le Péloponnèse. La Lune n'a pas de lumière qui lui soit propre mais la reçoit du Soleil. [...] L'éclipse de Lune se produit parce que la Terre intercepte sa lumière et quelquefois quand cette lumière est interceptée par des corps qui sont dans une orbite plus basse qu'elle ; celle du Soleil quand sa lumière est interceptée par la Lune à la nouvelle Lune. Les solstices se produisent lorsque le Soleil et la Lune sont repoussés par l'air (*à chacun des solstices le Soleil atteint un des tropiques et retourne vers l'autre ; Anaxagore suppose que c'est la résistance de l'air qui est responsable de ce retour ; comparer au mouvement rétrograde des planètes chez Anaximène*). (*Hippolyte, Réfutations de toutes les hérésies*, 1, 8, 1) – [Sur la Voie Lactée] Anaxagore dit que l'ombre de la Terre se trouve projetée sur cette partie du ciel, lorsque le Soleil qui se trouve sous la Terre, n'éclaire pas tous les astres. (*Aétius, Opinions*, III, I, 5) – Diogène et Anaxagore soutenaient qu'après la formation du monde et la production des animaux à partir de la terre, le monde s'est incliné par hasard vers la partie sud (mais peut-être par providence, afin que certaines parties devinssent inhabitables et d'autres

habitables à cause du gel, de l'embrasement et du climat tempéré) (*inclinaison de l'équateur par rapport à l'écliptique*). (*Ibid.*, II, VIII, 1)

3. [Anaxagore et Empédocle] démontrent que l'air est quelque chose, en gonflant des outres et en montrant que l'air offre une résistance, et aussi en empêchant l'air de sortir des clepsydres. (*Aristote, Physique, IV, VI, 213 a 22*)

4. *Il existe de nombreux témoignages sur une météorologie proche de celle des Miliésiens.*

5. Anaxagore estime que [les sensations] sont engendrées par les contraires, car le semblable n'est pas affecté par le semblable. [...] La vue est produite par une impression lumineuse sur la pupille et cette impression ne peut pas se produire sur ce qui a même couleur, mais seulement sur ce qui a une couleur différente. [...] De fait, en règle générale, la couleur de la nuit se rapproche davantage de celle des yeux : aussi l'impression lumineuse se produit-elle pendant le jour, parce que la lumière est une cause qui concourt à la produire ; cependant, la couleur dominante produit toujours une plus forte impression sur la pupille autrement colorée. Le discernement du toucher et du goût suit le même protocole : on constate que ce qui est à la même température que [la peau], [en chaud ou en froid], ne produit, par son rapprochement, aucune impression de chaud ou de froid, et que des papilles douces ou acides ne prennent pas conscience de la douceur ou de l'acidité ; mais c'est l'organe chaud qui prend conscience du froid, le salé du potable, l'acide du doux, en raison du défaut que chacun présente [de la qualité contraire]. En effet, toutes choses existent en nous, à ce que soutient ce philosophe. Et il en va de même de l'odorat et de l'ouïe : pour l'un par l'inspiration, pour l'autre par la pénétration du son jusqu'au cerveau, car la calotte osseuse forme une cavité dans laquelle le son se répercute.

Toute sensation s'accompagne de douleur : cela pourrait passer pour la conséquence de son hypothèse, car le contact avec tout ce qui est dissemblable provoque de la peine. Cela est évident si l'on considère la persistance et l'intensité excessive des sensations ; car les couleurs éblouissantes, les sons trop forts provoquent de la douleur et l'on est dans l'impossibilité de les supporter longtemps. Les animaux les plus grands sont ceux qui ont les sensations les plus fines, parce que la sensation est simplement fonction de la grandeur [des organes sensoriels], (*Théophraste, Du sens, 27-29*)

157. FRAGMENTS CHOISIS D'ANAXAGORE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade, 1988*)

1. Toutes les choses étaient ensemble, illimitées en nombre et en petitesse. Car le petit était illimité et, toutes choses étant ensemble, nulle n'était perceptible du fait de sa petitesse. Car l'air et l'éther renfermaient toutes

choses, étant l'un et l'autre illimités, car ils constituent les deux plus importants éléments qui se trouvent dans l'ensemble de toutes les choses, à la fois par leur nombre et par leur taille.

2. Dans le petit on ne saurait trouver l'extrêmement petit, mais il y a toujours un encore plus petit (car il n'est pas possible que ce qui est soit ce qui n'est pas). De même, dans le grand il y a toujours le plus grand ; d'ailleurs il est égal au petit en quantité ; et, relativement à elle-même, chaque chose est à la fois grande et petite, (*affirmation de l'infinie divisibilité*)

3. Et puisque les parties du grand et du petit sont égales en nombre (*infinie divisibilité*), toutes choses seront en toute chose. Il n'est pas possible qu'il y ait d'existence séparée, mais chaque chose participe à une partie de chaque chose. Puisque l'extrêmement petit ne peut pas exister (*affirmation de l'infinie divisibilité*), il ne lui serait pas possible d'être séparé, ni de s'engendrer pour lui-même ; mais, aujourd'hui encore, toutes les choses sont ensemble comme elles étaient au commencement. En toutes choses se trouve une multiplicité de choses, et des quantités égales de choses discriminées se rencontrent aussi bien dans les grandes choses que dans les petites.

4. Les choses n'existent pas séparément dans l'unité du monde, et elles ne sont pas davantage séparées d'un coup de hache, le chaud séparé du froid et le froid du chaud.

5. Car comment se pourrait-il que le cheveu fût engendré à partir du non-cheveu et la chair à partir de la non-chair ?

6. Les Grecs ne conçoivent pas correctement la génération et la mort. En effet nul être n'est ni engendré, ni détruit, mais tout se trouve composé et discriminé à partir des choses qui existent. Ainsi conviendrait-il de désigner plus correctement la génération par [le terme de] composition et la mort par celui de discrimination.

7. En toute chose se trouve renfermée une partie de chacune des choses, excepté l'Intellect (*Noûs*, *Nous*) ; mais seules certaines choses renferment aussi de l'Intellect.

8. Les autres choses participent à une partie de chaque chose ; mais l'Intellect, lui, est illimité, maître absolu et n'est mélangé à aucune chose, car il existe seul et par lui-même. Si en effet il n'existait pas par lui-même, mais se trouvait mêlé à quelque chose d'autre, il participerait à toutes les choses, pour peu qu'il soit mêlé à une seule, puisqu'en toute chose se trouve renfermée une partie de chacune des choses, ainsi que je l'ai dit plus haut. En outre, les choses auxquelles l'Intellect se trouve mêlé lui feraient obstacle, de telle sorte qu'il n'exercerait pas son empire sur chaque chose de la même façon qu'il peut le faire en vertu de son existence seule et par soi. En effet, il est de toutes les choses la plus subtile et la plus pure ; il possède la totale connaissance de toutes choses, et il a une très grande puissance. Toutes les choses qui ont une âme, qu'elles soient grandes ou petites, sont toutes sous l'empire de l'Intellect. C'est l'Intellect qui a exercé son empire sur la révolution universelle, de telle sorte que c'est lui qui a donné le branle à cette révolution. Le point de départ de la

révolution fut petit ; ensuite celle-ci s'accroît et elle s'accroîtra toujours davantage ; et l'Intellect a connu toutes les choses, aussi bien celles qui sont mélangées ensemble que celles qui sont discriminées et séparées ; et ce qui devait exister aussi bien que ce qui existait, et tout ce qui n'existe pas maintenant aussi bien que tout ce qui existe maintenant et ce qui existera, tout cela fut ordonné par l'Intellect, et aussi cette révolution, que suivent à présent les astres, le Soleil et la Lune, et l'air et l'éther qui résultent de la discrimination. Le dense se constitue par discrimination à partir du rare, le chaud à partir du froid, le brillant à partir de l'obscur, le sec à partir de l'humide. Les multiples choses ont des parties multiples ; et nulle chose n'existe d'une manière discriminée ou totalement séparée d'une autre chose, excepté l'Intellect. L'Intellect est tout entier semblable à lui-même, il est à la fois grand et petit. En revanche, nulle chose n'est semblable à autre chose, et en réalité chaque unique chose est et était formée de celles qui, étant en elle les plus nombreuses, sont de ce fait les plus visibles.

9. Car l'air et l'éther sont dissociés de la multiplicité enveloppante, et ce qui enveloppe est illimité en nombre.

10. Ainsi les choses entraînées dans leur giration sont dissociées sous l'effet de la force et de la vitesse. C'est la vitesse qui produit la force. Quant à leur vitesse, elle n'est comparable à celle d'aucune des choses existant actuellement dans le monde des hommes, mais elle est considérablement multipliée.

11. À partir de ces choses qui se trouvent discriminées la terre se forme par condensation. L'eau se discrimine des nuages, la terre de l'eau, et à partir de la terre les pierres se forment par condensation sous l'effet du froid, et les pierres ont, plus que l'eau, tendance à se séparer.

12. Le Soleil confère à la Lune ce qu'elle a de clarté.

13. Nous appelons Iris la réflexion du Soleil sur les nuages. Elle est donc le signe de la tempête. En effet, l'eau qui envahit le nuage produit généralement le vent, ou fait se déverser la pluie.

14. Étant donné la faiblesse de nos sens, nous ne sommes pas à même de disposer d'un critère du vrai.

15. En effet, les phénomènes sont la vue des choses non visibles (*ce qui se montre est une vision de l'invisible*).

Avant d'entreprendre l'étude des conceptions que la doxographie et ces fragments révèlent, nous devons rappeler qu'Anaxagore passe pour avoir, le premier (avec Empédocle, qui utilisa une autre méthode), montré que l'air est un corps. L'expérience qui lui est attribuée consiste à remplir d'air des outres et à les fermer ; ces outres résistent alors à la compression, ce qui montre que l'air qu'elles contiennent est un corps (fragment 3, encadré 156). C'est là le dernier avatar de ce qui avait été pour les Milésiens et les Pythagoriciens un indéfini, tant spatial (il n'a pas de limites qui lui donnent une forme) que qualitatif (il n'a pas de qualités sensibles dans les conditions normales ; il n'acquiert de telles qualités que dans le

mouvement, l'échauffement, etc.). À partir d'Anaxagore et Empédocle, l'air des Grecs est un corps, proche de notre notion de gaz, et non cet indéfini.

On doit évidemment rapprocher cette expérience du fait qu'Anaxagore a reçu une formation selon les thèses d'Anaximène. On peut se demander si une telle expérience de compression d'air n'entraînait pas dans une tentative de démonstration de ces thèses d'Anaximène, et notamment de celle selon laquelle les différentes choses sont produites par la raréfaction (feu) ou la condensation (eau, terre) de l'air. L'échec de cette tentative (par exemple obtenir de l'eau en « condensant » – compressant – de l'air dans une outre) aurait amené la conclusion que l'air est un corps défini et non un élément indéfini sujet à se transformer et produire les différentes choses par sa condensation ou sa raréfaction. D'autre part, cela aurait pu orienter Anaxagore vers une conception où le devenir (la transformation des choses les unes en les autres) ne serait pas dû à cette condensation-raréfaction d'un élément primordial, mais aux différents mélanges de qualités (comme on va l'exposer ci-dessous).

Remarquons également que cette résistance de l'air à la compression est utilisée en plusieurs points de l'astronomie et de la météorologie d'Anaxagore, si on en croit la doxographie. Par exemple, les retours du Soleil aux tropiques (comparer à Anaximène qui, semble-t-il attribuait l'errance des planètes à la résistance de l'air), les tremblements de terre (l'air d'en-dessous de la terre qui est comprimé et qui se libère brusquement). D'une manière générale, en ce domaine, les thèses d'Anaxagore rappellent beaucoup celles des Milésiens.

Anaxagore, comme la plupart des penseurs de son temps, n'était pas un « savant spécialisé », mais touchait à toutes les disciplines. On lui attribue des études mathématiques sur la quadrature du cercle (pendant qu'il était en prison), des recherches sur la perspective (plus exactement, sur la construction des décors de théâtre – pour Euripide dont il fut l'ami ?). Il ne nous reste rien de ces travaux mathématiques. En revanche, toutes les autres disciplines (physique, cosmologie, astronomie, météorologie, biologie) sont représentées dans ses fragments et sa doxographie. On va exposer successivement ses thèses (ou ce qu'on peut en reconstruire) dans chacun de ces domaines. Après quoi, on essayera de définir sa place dans l'histoire de la pensée.

La physique

Anaxagore a retenu de la critique éléate que l'être ne peut s'engendrer du non-être (et réciproquement). Il a sans doute retenu de Mélissos (qui est un peu plus jeune que lui, mais qui a pu l'influencer si lui, Anaxagore, a vraiment publié son ouvrage à la fin de sa vie) que la condensation ou la raréfaction (de l'air, entre autres) nécessitait le vide, vide qui ne saurait être car il relève du non-être. Il a peut-être retenu de son expérience que l'air oppose une résistance à la compression et ne se transforme pas en eau. Il admet alors, avec les Éléates, que la naissance et la destruction n'existent pas en tant que telles. Mais, contrairement à ceux-ci, il tente de réconcilier l'expérience courante avec cette proposition, en

remplaçant la naissance par la composition, et la disparition par la séparation ; le devenir s'explique alors par la séparation et la recomposition des éléments constitutifs des choses. Il imagine ainsi un devenir qui n'aurait pas besoin du non-être.

Contrairement aux Éléates, il admet la divisibilité de l'être. Et il pousse même cette divisibilité à l'infini (alors que les Atomistes s'arrêtent aux particules insécables que sont les atomes et, par ailleurs admettent l'existence du vide). Au contraire de Zénon, il ne confond pas infiniment petit et nullité ; c'est ce que dit le fragment 2 (encadré 157) « *dans le petit on ne saurait trouver l'extrêmement petit, mais il y a toujours un encore plus petit.* » C'est là un des points principaux de sa physique : les choses sont composées d'éléments infiniment petits.

De plus, chacun de ces éléments infiniment petits possède toutes les qualités, mais chacun d'eux les possède à des degrés variables. En termes modernes, on dirait, par exemple, que les choses sont composées d'une infinité de points géométriques (infiniment petits), et que chacun de ces points est caractérisé par n coefficients correspondant aux n qualités par lesquelles la nature peut être décrite (pour Anaxagore, ce seraient le sec, l'humide, le chaud, le froid, le lumineux, l'obscur, mais aussi sans doute toutes sortes d'autres qualités – vraisemblablement en nombre fini). Aucun de ces coefficients ne peut être nul, car aussi loin qu'on divise les choses elles contiennent toujours toutes les différentes qualités (à des degrés variables) ; ce qu'Anaxagore exprime en disant que chaque chose contient toutes les choses. Mais chacun de ces coefficients non nuls peut être plus ou moins élevé, de sorte que chaque chose est perçue par ce qu'il y a le plus en elle (fragment 1, encadré 156). Ainsi une chose constituée d'éléments qui ont des coefficients élevés pour la qualité « chaud » paraîtra chaude (toutefois le coefficient de la qualité « froid » ne sera pas nul, car toute chose est en toutes choses, et le froid et le chaud ne sont pas séparés comme avec une hache – fragment 4, encadré 157).

On peut dès lors imaginer un devenir qui résulte de la séparation et de la recomposition de tels éléments qui, bien qu'ils présentent toutes les qualités, les présentent à des degrés divers. Il reste à comprendre ces processus de séparation et de composition. Mais, auparavant, il faut signaler le cas particulier du *Nous* (*Noûs*), c'est-à-dire l'esprit, l'intellect. Il semble qu'Anaxagore considère que ce *Nous* est fait, lui aussi, d'éléments infiniment petits ; mais, contrairement aux autres éléments, ceux-ci sont purs et non mélangés ; ils ne contiennent pas autre chose, ils n'ont pas d'autres qualités que la qualité « spirituelle », dirait-on pour reprendre notre formulation en points dotés de qualités (fragment 8, encadré 157). D'autre part, il semble aussi que chacun des éléments du *Nous* le contienne en entier, si l'on comprend bien ce passage du fragment 8 : « *L'intellect est tout entier semblable à lui-même, il est à la fois grand et petit* » (J. Zafiropulo traduit même ce passage par : « *Quant à l'esprit, il est tout entier identique à lui-même, qu'il soit immense ou minuscule* »). Le fragment 7, enfin, précise qu'il y a certaines choses dans lesquelles on trouve le *Nous* (alors que le *Nous* est pur et ne contient pas d'autres choses, de qualités autres que spirituelles). Il semblerait que l'on

puisse interpréter ce fragment en disant que ces choses qui contiennent des éléments de *Nous* (et celui-ci en entier, si chacun de ses éléments est semblable au tout) sont les êtres vivants. Mais, d'autres textes disent que le *Nous* est aussi là où est toute autre chose, ce que confirme la cosmologie d'Anaxagore dans laquelle le *Nous* a le rôle de l'organisateur. Ce qui suscite le rapprochement avec le *Logos* d'Héraclite : tout comme ce *Logos*, le *Nous* commanderait au monde mais une partie de lui-même (dans laquelle il serait tout entier) serait intérieure (sinon emprisonnée) aux êtres vivants, et spécialement à l'homme ; cette intériorité permettant une « participation » des êtres vivants à ce *Nous*, rendant ainsi possible l'intelligibilité et la connaissance du monde.

Il reste à comprendre comment ces éléments constitutifs infiniment petits sont assemblés, comment ils peuvent se séparer et se ré-assembler en des formes nouvelles. C'est manifestement le *Nous* qui préside à tout ceci, et nous verrons comment il procède lorsque nous étudierons la cosmologie. Nous voudrions, ici, essayer de comprendre ce dont il est question dans le fragment 1 de la doxographie (encadré 156). Il s'agit d'une tentative d'explication (ou, peut-être, d'une métaphore) de la croissance du corps à partir des aliments : comment le cheveu ou la chair sont-ils formés à partir de pain ? Il semble que cela soit rendu possible par le fait que « toute chose est en toutes choses », et que donc le pain contient des éléments « cheveu » ou « chair ». Si l'on s'arrête là, il ne s'agit que d'une sorte de « preuve » plus ou moins métaphorique de cette proposition que toute chose est dans toutes choses. Si l'on essaye d'approfondir un peu cette question, on rencontre des difficultés. Tout d'abord, on peut imaginer que c'est le *Nous* contenu dans le corps qui procède à ce « tri » des éléments du pain, pour faire croître les cheveux ou la chair à partir de ce qui convient ; mais, pour faire ce tri, ne faut-il pas séparer les différentes qualités qui composent les éléments « pain » ? En effet, le pain est constitué d'une infinité d'éléments infiniment petits possédant les qualités caractéristiques du pain aux degrés adéquats ; chacun de ces éléments est identique aux autres, c'est ce que suggère l'emploi du terme d'« homéoméries » pour désigner ces éléments dans la doxographie (ce terme est plutôt aristotélien – donc postérieur à Anaxagore –, une substance est homéomère lorsqu'elle conserve ses qualités aussi finement qu'on la divise). Pour faire des cheveux à partir de pain, il faudrait dissocier ces éléments « pain », en extraire les qualités qui conviennent pour fabriquer des éléments « cheveu ». L'opération nécessite donc la séparation des qualités (avant de les recomposer en de nouveaux éléments) ; or, une telle séparation des qualités « pures » (ou de « choses pures ») semble contredire les principes mêmes de la théorie (seul le *Nous* est pur). Il faudrait soit admettre une contradiction, soit ne considérer cette question de la croissance du corps à partir des aliments que comme une métaphore approximative destinée à expliciter la proposition que toute chose est dans toutes choses.

Certaines interprétations d'Anaxagore (celle de J. Zafiropulo, notamment) considèrent plusieurs niveaux dans la composition des choses. D'une part des éléments infiniment petits n'ayant qu'une seule qualité, d'autre part des éléments

qui sont aussi infiniment petits mais qui sont composés, en quantités diverses, de plusieurs de ces éléments n'ayant qu'une seule qualité (il faut que ces éléments de deuxième niveau possèdent au moins un élément de premier niveau de chaque qualité, afin que l'on puisse dire que toute chose est dans toutes choses ; mais ils peuvent en comporter un nombre variable supérieur à 1). Ce double niveau permet alors de comprendre la question de la croissance du corps, en faisant se recombinaison les éléments de premier niveau (qualitativement purs) en de nouveaux éléments de deuxième niveau (qui pourraient être plus ou moins assimilés aux homéoméries). Certaines autres interprétations ajoutent même à cela le principe selon lequel le semblable attire le semblable ; les éléments de deuxième niveau sont alors considérés comme des « semences », qui vont attirer les éléments de même composition, un peu comme les germes de cristallisation.

Cette interprétation à deux niveaux (avec ou sans le principe de l'attraction du semblable par le semblable) est beaucoup plus cohérente que la précédente ; on peut toutefois se demander si elle est conforme à la thèse d'Anaxagore. Les différents fragments précisent bien qu'il n'est pas possible de séparer les « qualités », que toutes choses sont en toute chose et que seul le *Nous* est pur. Ce qui ne s'accorde pas bien avec la conception d'un élément infiniment petit ne comprenant qu'une seule qualité (à l'exception du *Nous*). Un tel élément ne correspond pas non plus avec le qualificatif d'homéomérie qu'utilise la doxographie (puisque cet élément aurait une seule qualité et ne serait donc pas homogène aux corps à la composition desquels il participe et qui comportent plusieurs qualités).

Aucune des interprétations n'est satisfaisante. Peut-être faudrait-il abandonner la notion d'homéomérie, et considérer que les particules de pain ne sont ni semblables entre elles, ni comparables au pain « entier » ; certaines seraient, par exemple, plus riches que d'autres en qualités « cheveux », et seraient, dans le tri, destinées à devenir des cheveux. De même pour la chair, et ainsi de suite. Le problème serait alors de savoir d'où le pain tient son aspect de pain.

En fait, la thèse d'Anaxagore ne supporte pas très bien une analyse en détail. Sans doute doit-on simplement admettre que cette thèse n'est pas parfaitement cohérente. Il ne faut pas oublier qu'elle devait être assez complexe, et qu'il ne nous reste que quelques fragments et quelques témoignages plus ou moins sûrs pour la reconstituer. Quoi qu'il en soit, Anaxagore a ici le mérite d'avoir compris la notion d'infiniment petit, et de l'avoir distinguée de la nullité (une réponse à Zénon ?). S'il a élaboré sa thèse avant Empédocle, il faudrait aussi le créditer de l'invention d'une manière de concevoir le devenir par le jeu de la composition et de la séparation d'éléments constitutifs (sinon cela reviendrait à Empédocle, ou peut-être à Leucippe), ce qui est indubitablement une réponse au sophisme éléate de la négation du devenir sous le prétexte que celui-ci nécessiterait le non-être. Ce devenir par composition-séparation est conciliable avec la négation de la naissance (l'être venant du non-être) et de la disparition (l'être devenant du non-être), et avec l'inaltérabilité de l'être pris dans toute sa généralité.

Cette physique est naturellement doublée d'une cosmologie qui explique comment le monde s'est mis en place (et même continue d'évoluer) à partir de ses éléments constitutifs. À l'origine, tous ces éléments sont mêlés de manière homogène ; il n'y a donc pas de choses différenciées. La différenciation se produit sous l'action du *Nous* ; celui-ci provoque un mouvement tourbillonnaire ; ce tourbillon, d'abord limité en étendue, s'accroît progressivement et comprend une part de plus en plus grande du magma indifférencié de départ. Ce tourbillon sépare les éléments selon leurs qualités prédominantes ; les éléments denses, froids, obscurs, se concentrent au cœur du tourbillon, tandis que les éléments légers, chauds, lumineux, partent à la périphérie. Cette cosmologie est assez proche de celle d'Anaximandre (ce que rappelle la doxographie), à ceci près qu'Anaximandre n'invoquait pas l'action d'un *Nous* (il faut reconnaître que, si Anaxagore dit que toutes choses sont sous la domination d'un *Nous*, celui-ci n'a pas ici un bien grand rôle puisque, une fois le mouvement amorcé, la séparation se fait selon une sorte de force centrifuge inversée – le dense au centre et le léger à la périphérie). Certains fragments laissent penser qu'Anaxagore croyait en l'existence de plusieurs mondes conçus selon le même modèle que le nôtre (tout comme Anaximandre le croyait peut-être : formation de plusieurs tourbillons au sein du magma indifférencié). Le fragment 9 (encadré 157) distingue l'air (et l'éther, c'est-à-dire le constituant du ciel non atmosphérique) de ce magma indifférencié, masse enveloppante au sein de laquelle se produit le tourbillon ; cette précision est à rattacher au fait qu'Anaxagore a montré la corporéité de l'air : cet air ne peut donc plus être assimilé à l'*apeiron* au sein duquel le monde d'Anaximandre était créé, ou que le monde des Pythagoriciens respirait. Si donc la cosmologie d'Anaxagore ressemble à celle d'Anaximandre, le magma indifférencié (qui est sans doute aussi un *apeiron*) ne peut plus être concrétisé par l'air (comme l'avait fait Anaximène avec sa condensation-raréfaction).

Cette cosmologie s'articule à une astronomie ; d'abord en ce que le tourbillon organisateur du monde explique le mouvement des cieux. Les astres, entraînés par ce tourbillon dont l'axe serait alors celui qui joint la Terre au pôle Nord céleste, sont des pierres portées à incandescence. Ici, Anaxagore s'éloigne d'Anaximandre (et de ses anneaux de feu). L'observation qu'il a pu faire d'un aérolithe a sans doute été déterminante dans cette conception de la composition des astres. Leurs dimensions ne sont pas encore bien saisies, et le Soleil est évoqué comme une pierre plus grande que le Péloponnèse. Il semble en effet qu'Anaxagore considérait que ces pierres que sont les astres avaient été arrachées à la Terre par le mouvement de tourbillon, lequel serait aussi ce qui les a portées à incandescence. La chaleur dégagée par les étoiles ne serait pas sensible du fait de leur éloignement ; seul le Soleil est assez proche pour cela. Quant à la Lune, on en parlera un peu plus loin. Comparées à l'astronomie de Parménide, ces

conceptions sont un progrès (même si l'influence de la physiologie milésienne les rattache encore un peu trop à la météorologie, d'où des erreurs de dimensions et des explications comme celle du retour du Soleil aux tropiques par la résistance de l'air). Il est probable que Philolaos a profité de ce progrès, pour établir son modèle.

En revanche, la conception qu'Anaxagore se fait de la Terre semble en recul par rapport à la sphéricité conçue par les Pythagoriciens et Parménide. Ici, c'est encore l'aspect ionien de la formation d'Anaxagore qui ressort ; il revient à la thèse d'Anaximène d'une Terre en forme de disque qui serait soutenue par l'air. Ses expériences sur la résistance de l'air à la compression ont sans doute influencé ce retour à la solution d'Anaximène (aux dépens de la sphéricité déjà « inventée »), en ce qu'elles montraient la capacité de l'air à supporter un poids important (la gravité n'était pas encore reliée à l'attraction par la Terre, le fait que celle-ci puisse être portée par l'air posait donc le problème de la capacité de l'air à supporter son poids, ce qu'intuitivement on facilitait en donnant à la Terre une forme large et plate susceptible de « planer » plus facilement sur l'air que la forme sphérique). Plus précis qu'Anaximène, Anaxagore ajoute que cette Terre plate s'est inclinée par rapport à l'axe du tourbillon (ce qui explique que cet axe, qui passe par l'étoile polaire, n'est pas perpendiculaire à la surface de cette Terre plate). Le fragment 2 de la doxographie (encadré 156) invoque la providence pour expliquer cette inclinaison qui a créé les différentes zones habitables de la Terre ; il est peu probable que cette interprétation soit authentique. Une autre conception, attribuée à Empédocle (voir ci-après) quoiqu'elle soit plus dans le ton de l'astronomie d'Anaxagore, est qu'au sud le Soleil a échauffé l'air et l'a raréfié, ce qui explique sa moindre capacité à soutenir la Terre, et donc l'inclinaison de celle-ci par un affaissement au sud.

La plus grande réussite astronomique d'Anaxagore concerne la Lune et l'explication des éclipses (de Lune et de Soleil). Contrairement aux autres astres, la Lune n'est pas conçue comme une pierre incandescente mais comme une sorte de Terre avec des plaines et des montagnes. Surtout, elle n'a pas de lumière propre, mais est éclairée par le Soleil. Ce qui, combiné avec la conception selon laquelle les astres tournent autour de la Terre, va permettre d'expliquer les éclipses par l'interposition de la Terre entre le Soleil et la Lune ; l'éclipse est donc l'ombre de la Terre sur le disque lunaire. Ce qu'il faut peut-être étendre aux différentes phases de la Lune. Cela expliquerait qu'Anaxagore ait cru bon d'ajouter à cette explication par l'interposition de la Terre, une autre qui met en cause des corps obscurs s'interposant de la même manière entre le Soleil et la Lune (ou, peut-être, entre la Terre et la Lune, masquant à celle-là une partie de celle-ci), corps obscurs qui sont invisibles de par leur obscurité même. Réciproquement, d'après la doxographie, Anaxagore aurait expliqué les éclipses de Soleil par l'interposition de la Lune entre celui-ci et la Terre (ici les corps obscurs ne sont pas nécessaires, car il n'y a pas de « phases » du Soleil, et ses éclipses sont plus rares que celles de Lune, de sorte que celle-ci suffit à elle seule pour les expliquer).

Toujours d'après la doxographie, Anaxagore aurait étendu ce principe de

l'interposition et de l'ombre portée, en essayant d'expliquer la Voie Lactée comme l'ombre de la Terre projetée sur la voûte céleste (lorsque le Soleil se trouve « derrière » la Terre). Cette ombre de la Terre sur la voûte céleste obscurcirait celle-ci de sorte que les étoiles ressortent beaucoup mieux que dans les zones voisines où elles sont plus ou moins masquées par la lumière du Soleil qui, de derrière la Terre, éclaire ainsi les cieux (seules les plus brillantes sont alors visibles). L'explication peut paraître naïve, elle est néanmoins astucieuse et révélatrice de la tendance à étendre un mode d'explication (celui des éclipses) à d'autres phénomènes astronomiques. On a vu, dans le chapitre III, que le principe, selon lequel la Lune n'a pas de lumière propre mais est éclairée par le Soleil, a été étendu par Philolaos qui n'hésitera pas à considérer le Soleil lui-même comme une sorte de réflecteur du feu central. D'une manière générale, il est probable que l'astronomie de Philolaos doit beaucoup à celle d'Anaxagore. On avait déjà remarqué la filiation astronomique Anaximandre-Parménide-Philolaos avec l'influence pythagoricienne de la sphéricité des astres, on doit maintenant y ajouter celle-ci, qui part d'Anaximandre, passe par Anaximène et Anaxagore et arrive à Philolaos, mais où les astres ne sont pas sphériques. S'esquissent ainsi les différents cheminements de l'astronomie grecque présocratique qui amènent le modèle de Philolaos.

Enfin, à ces physique, cosmologie et astronomie, Anaxagore joint un certain nombre de remarques concernant la météorologie et les phénomènes naturels. Cette météorologie rappelle beaucoup celle des Milésiens (arc-en-ciel, neige, grêle), avec parfois des modifications (foudre, tremblements de terre) qui ne remettent pas en cause le principe de « naturalité » et de « démythification » qui caractérise les philosophes ioniens. On remarquera les explications des crues du Nil (par la fonte des neiges des montagnes d'Éthiopie) et de la salure de la mer (par le lessivage des terres et l'évaporation, avec comme arguments l'existence des mines de sel et des sources d'eaux fortement minéralisées). Tout ceci « sent » la physiologie des Milésiens et est bien éloigné des tentatives de la physique mathématique des Pythagoriciens. La physique d'Anaxagore, avec ses éléments infiniment petits, peut nous sembler se prêter particulièrement bien à une mathématisation ; il n'en est pas moins vrai que sa conception n'est pas mathématique, et qu'elle doit plutôt être rattachée à la physique milésienne où l'on cherche à rendre compte du devenir par la transformation d'un élément primordial, une physique milésienne qui aurait retenu la critique éléate.

La biologie

Tout comme pour les Milésiens, les êtres vivants, dans la conception d'Anaxagore, naissent de l'humide, et, par la suite, dérivent les uns des autres par la génération. Pour ce qui est de celle-ci, la doxographie lui attribue, comme à pratiquement tous les penseurs de l'époque, une théorie qui relie le sexe de l'enfant au côté d'où provient la semence (les Pythagoriciens faisaient, d'une manière plus générale, le parallèle droite/gauche et mâle/femelle) ; on ne saurait

affirmer qu'il l'a réellement professée. Dans le même ordre d'idées, on lui attribue aussi la thèse selon laquelle, dans l'embryon, c'est le cerveau qui se forme le premier.

On a déjà évoqué sa conception de la croissance du corps à partir des aliments, et la manière dont les os et la chair peuvent se constituer à partir du pain et des autres nourritures. Si c'est autre chose qu'une analogie destinée à expliquer que « toute chose est dans toutes choses », c'est là une thèse originale (malgré le défaut que nous avons indiqué). Originale aussi, contrairement aux apparences, est sa conception selon laquelle le sommeil est le résultat de la fatigue du corps et n'est pas d'origine psychique (c'est-à-dire « de l'âme ») ; d'autant qu'il l'oppose à la mort qui est la séparation du corps et de l'âme. Il y a là une naturalisation du sommeil, une volonté d'explication simple et non mythique (le sommeil est un dieu, et il ne manque pas d'explications surnaturelles qui peuvent être notamment en relation avec les rêves ; opposer aussi cette fatigue corporelle au « sommeil-refroidissement de l'âme » chez Héraclite ou Empédocle).

Ce sont pourtant ses théories sur les sensations qui sont restées les plus célèbres (fragment 5 de la doxographie). Elles reposent sur deux principes : la sensation a lieu par les contraires, toute sensation est accompagnée de souffrance (les deux étant liés). Le rôle des contraires dans la sensation repose sur la nécessité du contraste. Anaxagore ne considère pas seulement qu'un tel contraste entre l'objet et le fond (quelle que soit la sensation en cause) est nécessaire pour que l'objet soit perçu distinctement, il étend ce contraste au couple que forment l'objet perçu et l'organe sensible. Ce dernier contraste aurait alors pour rôle de souligner la différence, la séparation de ce qui est perçu et de ce qui perçoit ; la perception est d'abord perception de cette altérité, de cette différence, de cette séparation entre l'objet (perçu) et le sujet (percevant). À cette perception de la séparation, Anaxagore attache la souffrance ; ce que, d'après Théophraste, il justifiait par le fait que les stimuli intenses sont difficiles à supporter (forts bruits, lumière violente, etc.). On pourrait sans doute rapprocher cette souffrance de la perception, cette souffrance de la séparation, du pessimisme d'Anaximandre, pour qui l'existence même des choses différenciées (séparées de ce qui n'est pas elles) résultait d'une injustice. On l'opposera à la conception d'Empédocle, pour qui c'est par le semblable que le semblable est perçu.

D'après Théophraste toujours, Anaxagore aurait émis des thèses selon lesquelles les grands animaux percevaient mieux les stimuli. Plus intéressante, si elle est authentique, la théorie rapportée par Aétius (non citée dans l'encadré 157) selon laquelle la voix est produite par le choc du souffle sur l'air, et l'audition par le processus symétrique (avec une comparaison à l'écho). Outre qu'elle est en assez bon accord avec la résistance de l'air (voir ci-dessus), cette théorie continuerait celle qui est attribuée à Alcméon pour le fonctionnement de l'ouïe. Il faut remarquer aussi qu'Anaxagore est le contemporain de Diogène d'Apollonie qui avait développé une conception selon laquelle « *l'audition a lieu lorsque le mouvement de l'air dans les oreilles, provoqué par celui du dehors, pénètre jusqu'à l'encéphale* » (Théophraste).

L'étude des sensations nous amène à l'épistémologie d'Anaxagore, à ce qu'il pensait de la connaissance. Tout d'abord, les sens sont trompeurs ; cette fausseté des sens est expliquée de manière simple par sa théorie physique. Les éléments constitutifs des choses sont infiniment petits, et donc trop ténus pour être perçus. On ne perçoit que la qualité la plus représentée dans ces éléments. C'est ce qu'illustre le fragment 15 (encadré 157) : « *Ce qui se montre est une vision de l'invisible* », tandis que le fragment 14 touche à l'impossibilité de percevoir, en raison de la faiblesse de nos sens, les éléments constitutifs qui sont la réalité dernière des choses. On ne se trouve donc pas au même niveau que dans la théorie de Parménide, où les sens seraient trompeurs en ce que les apparences masquent la réalité qu'elles révèlent. Ici, il s'agit plus simplement de deux plans distincts : les qualités perçues sont des qualités secondes, qui résultent de la combinaison de qualités premières qui sont, elles, imperceptibles. Les apparences ne masquent plus l'être, mais ce qui se montre est un aspect de l'invisible ; il s'agit plus d'un problème de physiologie de la sensibilité (les éléments sont trop petits pour être perçus, on ne voit que leurs combinaisons dans les choses) que d'ontologie ; ce en quoi Anaxagore ne trahit pas son origine ionienne. On peut même dire que, finalement, ce qui dans le devenir nous apparaît comme naissance ou destruction (au lieu de mélange et séparation) ne nous apparaît ainsi que parce que nos sens ne peuvent percevoir les éléments derniers.

La connaissance ne se réduit pas à la sensation (notons, au passage, que la doxographie attribue à Anaxagore la conception selon laquelle c'est du cerveau que dépendent les sens ; à son époque les avis étaient partagés à ce sujet, d'autres considéraient que c'était la poitrine, le cœur). De ce qu'il semble que le *Nous* existe chez l'homme, et que ce *Nous* est l'intelligence qui gouverne l'univers, on peut penser que la connaissance, l'intellect (opposé aux sens trompeurs), se fait par une sorte de participation à l'ordre du monde (car le *Nous* est semblable à lui-même, aussi bien dans l'une de ses parties que dans sa totalité). On rapprochera cette conception de celle du *Logos* d'Héraclite, qui non seulement régissait le monde, mais permettait la connaissance vraie de celui-ci. (Aétius prétend d'ailleurs que pour Anaxagore « *l'intellect s'introduit du dehors* » ; comparer à Héraclite.) D'une manière générale, ce serait les êtres vivants, et pas seulement l'homme, qui contiendraient ce *Nous* (par ailleurs partout répandu dans l'univers – voir ci-dessus, dans la partie consacrée à la physique, ce problème de localisation, et ici encore comparer au *Logos* d'Héraclite, libre dans l'univers mais dont une partie est emprisonnée dans l'homme). Aristote dit cependant que « *Anaxagore prétend que c'est parce qu'il a des mains que l'homme est le plus intelligent des animaux* » (*Parties des Animaux*, IV, 10) ; il ne s'agit plus ici de participation au *Nous*. Il est difficile de trancher ; Aristote a plus de poids, mais Aétius est plus séduisant. On pourrait imaginer que, si le *Nous* contenu dans l'homme est à la fois ce qui lui permet de connaître et ce par quoi son corps est organisé (fonction organisatrice du *Nous* non seulement pour l'univers mais aussi pour les êtres vivants, leur « âme »), les deux propositions ne sont pas contradictoires : la structure du corps de l'homme (et notamment la possession

de mains) et la connaissance qu'il peut avoir seraient ainsi liées sous la dépendance du même *Nous* contenu en lui (comparer à Parménide, fragment 3, encadré 151).

Conclusion

Avec Anaxagore, nous nous trouvons devant une tentative de synthèse des écoles précédemment étudiées. De l'école ionienne de Milet, on retrouve l'intérêt pour le devenir et son approche « naturaliste ». De l'école éléate, la négation de la naissance et de la disparition, d'où la volonté d'expliquer le devenir sans avoir besoin du non-être (la condensation-raréfaction de l'air d'Anaximène laisse la place au principe de composition-séparation d'éléments infiniment petits, et à un air qui est un corps et non un indéfini). D'Héraclite, Anaxagore semble s'être inspiré en imaginant un *Nous* qui rappelle fort le *Logos* de l'Éphésien. Des Pythagoriciens : ce *Nous* est peut-être également parent (comme le *Logos*) du principe mathématique régissant le monde ; l'aspect mathématique a cependant disparu (à moins qu'on ne le retrouve dans la conception des infiniment petits, distincts de la nullité, où Anaxagore va à l'encontre des Éléates et se rapproche des Pythagoriciens – encore que ceux-ci ne semblent pas avoir élaboré eux-mêmes une telle notion). Avec Anaxagore, nous ne sommes donc déjà plus parmi les « pères fondateurs », qui n'avaient pour appui que le mythe (outre l'apport probable de la Mésopotamie et de l'Égypte). Anaxagore dispose déjà d'une tradition philosophique et scientifique grecque pour élaborer ses théories. Si on admet qu'Empédocle avait rendu publique son œuvre avant lui, il disposait, de plus, d'une première tentative de synthèse de cette tradition.

EMPÉDOCLE D'AGRIGENTE

Empédocle naquit vers 480 av. J.-C. à Agrigente, en Sicile ; il mourut vers 430, et on connaît au moins trois versions différentes de sa mort ; la plus célèbre (il se serait jeté dans le cratère de l'Etna) est sans doute une légende ; une autre veut qu'il se soit pendu ; la troisième (la plus vraisemblable) dit qu'il est mort dans le Péloponnèse où il avait dû s'exiler pour des raisons politiques (on sait en effet qu'il était un chaleureux défenseur du parti démocratique, et qu'il jouissait par ailleurs d'une grande renommée du fait de ses divers talents – il avait notamment guéri la ville de Sélinonte d'une épidémie de peste en faisant assainir des marais par le détournement des eaux de deux fleuves, à ses frais).

C'est le personnage le plus haut en couleur de la philosophie antique ; à la fois homme politique, médecin, hygiéniste, savant, mage et thaumaturge, charlatan et poète. Il eut sans doute une formation pythagoricienne, mais se sépara de cette doctrine par la suite. Il en conserva au moins la métempsycose, prétendant se souvenir de ses vies antérieures (l'un des fragments qui nous restent de lui dit : « *Car autrefois je fus jeune homme et jeune fille, et arbuste et oiseau et muet poisson de mer* »). Fort de cette expérience, il prétendait être une sorte d'immortel

condamné à errer sur la terre, et s'entourait de toute une mise en scène (fragment 1, encadré 158). D'une manière générale, il se présente plus comme un mage que comme un savant et philosophe au sens moderne de ces mots. Des Pythagoriciens il n'a pas gardé que la croyance à la métempsycose, mais aussi divers interdits mystiques, comme l'interdiction des sacrifices sanglants, peut-être celle de manger de la viande (ce qui est en rapport avec la métempsycose) (autres fragments : « *S'abstenir tout à fait des feuilles de laurier. – Misérables, derniers des misérables, gardez vos mains des fèves. – Lavez-vous les mains, prenant l'eau des cinq sources dans le bronze inflexible* »).

Nous ne développerons pas ici cet aspect d'Empédocle, nous bornant à essayer de reconstruire la conception de la nature exposée dans son livre « De la Nature ». Mais il est évident que toute cette mystique, et même ce côté charlatan, du personnage doit rester comme le fond sur lequel on découpe, un peu artificiellement, les conceptions que, non seulement l'histoire des sciences, mais aussi les sciences elles-mêmes ont conservées au cours des siècles (la physique d'Empédocle est, sous des formes plus ou moins modifiées, celle qui a prévalu jusqu'aux débuts de la chimie moderne).

De tous les penseurs que nous avons évoqués jusqu'à présent, il est celui dont il nous est resté le plus grand nombre de fragments (soit environ 450 vers – car, comme Parménide, il écrivait en vers – sur les 5 000 dont elle se composait probablement). L'encadré 159 donne un choix de ces fragments, ceux qui concernent la nature ; auparavant, on peut lire, dans l'encadré 158, une doxographie choisie.

158. DOXOGRAPHIE CHOISIE D'EMPÉDOCLE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Empédocle, la chevelure ceinte d'un ruban de pourpre magnifique, se promenait dans les avenues des cités grecques majestueusement, en chantant des hymnes où il disait que d'homme il deviendrait dieu. (*Philostrate, Vie d'Apollonius de Tyane, VIII, 7*)

2. Ses théories étaient les suivantes : il y a quatre éléments, le feu, l'eau, la terre et l'air. L'Amitié les rassemble et la Haine les sépare. Voici comme il en parle : « Zeus aux feux lumineux. Héra mère de vie, et puis Aidônéus, Nestis enfin, aux pleurs dont les mortels s'abreuvent. » Par Zeus il entend le feu, par Héra la terre, par Aidônéus l'air, par Nestis l'eau. Et il déclare : « Jamais les [éléments] ne cessent de pourvoir à leur mutuel échange », comme si l'ordonnance des choses était éternelle. Et il ajoute : « Tantôt de par l'Amour ensemble ils constituent une unique ordonnance. Tantôt chacun d'entre eux se trouve séparé par la Haine ennemie. » Il déclare que le Soleil est une grande masse de feu et qu'il est plus grand que la Lune ; que la Lune a la forme d'un disque et le ciel la forme d'un cristal. Que l'âme revêt une diversité de formes

animales et végétales (*métempsychose*), voici comment il le dit : « Car autrefois je fus jeune homme et jeune fille, et arbuste et oiseau et muet poisson de mer ». (*Diogène Laërce, Vies, VIII, 76-77*)

3. [Empédocle] porte au nombre de quatre les éléments corporels : le feu, l'eau, l'air et la terre, qui sont éternels, mais changent en quantité, c'est-à-dire en plus et en moins, conformément à l'association et à la dissociation ; à ceux-ci s'ajoutent les principes proprement dits, par lesquels les quatre éléments sont mus : Amitié et Haine. Il faut en effet que les éléments ne cessent de se mouvoir alternativement, tantôt s'associant par l'action de l'Amitié, tantôt dissociés par la Haine. Par conséquent, il admet six principes. Et en effet, il confère une puissance efficiente à la Haine et à l'Amitié [...]. Plus loin, il leur confère un statut d'élément comparable à celui des quatre éléments. (*Simplicius, Commentaire sur la Physique d'Aristote*) – Empédocle déclarait qu'antérieurement aux quatre éléments, il existe des fragments infiniment petits, qui sont pour ainsi dire des éléments homéomères précédant les éléments. (*Aétius, Opinions, I, XIII, 1*)

4. Après en effet que l'éther se fut séparé, l'air et le feu s'envolèrent vers le haut, et le ciel qui se mouvait tout autour, se trouva formé dans un très large espace. Quant au feu qui demeurerait un peu en dessous du ciel, il se trouva lui-même aussi comprimé dans les rayons du Soleil. La Terre, se rassemblant en un objet un, et pétrie par une certaine nécessité, apparut au centre et y siègea. Ensuite, autour d'elle, de toutes parts l'éther, du fait qu'il était beaucoup plus léger, se mit à décrire des révolutions sans s'arrêter jamais. Son immobilité (*celle de la Terre*) est imputable à Dieu (elle ne résulte pas des multiples sphères posées en alternance au-dessus d'elle et dont les révolutions ont poli les contours), parce que autour d'elle circule un tourbillon d'un certain type, tout à fait admirable (sa force lui vient en effet de sa forme grande et multiple), qui fait que la Terre ne tombe ni ici ni là. (*Philon, De la providence, II, 60*) – Empédocle dit que l'éther se sépara le premier, en deuxième lieu le feu et après lui la terre, de laquelle, fortement comprimée par la vitesse de rotation céleste, l'eau jaillit. D'elle, l'air s'évapora, et le ciel prit naissance de l'éther, et le Soleil du feu, et l'enveloppe terrestre se forma par condensation à partir des autres. (*Aétius, Opinions, II, VI, 3*)

5. Empédocle dit que, l'air cédant à la violence du Soleil, les pôles se sont inclinés tandis que le pôle Nord s'est élevé et que le pôle Sud s'est abaissé, ce qui a entraîné la totalité du monde (*inclinaison de l'axe terrestre par rapport à l'écliptique*). (*Aétius, Opinions, II, VIII, 2*) – Empédocle dit que le Soleil est empêché par la sphère qui l'enveloppe de poursuivre indéfiniment sa course en ligne droite, et que par conséquent les cercles des tropiques l'obligent à rebrousser chemin. (*Ibid., II, XXIII, 3*) – Empédocle dit que le ciel est solide et formé d'air condensé par le feu à la façon d'un cristal, et qu'il enveloppe l'élément igné et l'élément aérien dans chacun des deux hémisphères. (*Ibid., II, XI, 2*) – Empédocle dit que les astres sont de feu et proviennent de l'élément igné que l'air enveloppait en lui et qu'il chassa hors de lui lors de la première

séparation. (*Ibid.*, II, XIII, 2) – Empédocle dit que les étoiles fixes sont attachées au cristal (*la voûte céleste cristalline*), mais que les planètes sont libres. (*Ibid.*, II, XXIII, 11) – [L'éclipse de Soleil] se produit quand la Lune passe devant. (*Ibid.*, II, XXIV, 7) – Il y a, en cercle autour de la Terre, deux hémisphères en mouvement : l'un tout entier de feu (*le jour*), l'autre fait d'un mélange d'air et d'un petit peu de feu, qu'il estime être la nuit (*avec ses étoiles*). L'origine du mouvement provient de la rencontre fortuite avec le feu qui fond sur lui. Le Soleil n'est pas naturellement de feu, mais est un reflet du feu, semblable à celui qui se produit sur l'eau. La Lune, déclare-t-il, a une origine indépendante, et provient de ce que le feu s'est séparé de l'air ; car il est congelé, tout comme la grêle. Mais la Lune, elle, tire du Soleil sa lumière. (*Pseudo-Plutarque, Stromates*)

6. Empédocle déclarait que les premières naissances d'animaux et de plantes ne produisaient pas des êtres totalement achevés, mais consistaient en membres séparés et disjoints. Les deuxièmes étaient comme des produits de l'imagination constituées par des parties jointes ensemble. Les troisièmes consistaient en créatures totales. Les quatrièmes provenaient non de semblables, comme la terre et l'eau, mais déjà de l'union de différents, tantôt par épaissement de la nourriture, tantôt parce que la beauté des femmes excitaient à un mouvement d'éjaculation. (*La première génération était constituée de membres séparés ; la deuxième assemblait ces membres « au hasard », faisant des êtres comparables au produit de l'imagination ; la troisième conserve les êtres vivants qui forment des tous cohérents ; la quatrième ne se fait plus à partir des éléments – génération spontanée –, mais par la reproduction sexuée.*) Les races de tous les animaux furent séparées par les qualités des mélanges. Les unes furent plus propres à plonger dans l'eau, les autres à s'envoler dans l'air (c'est celles qui possédaient davantage d'éléments ignés) ; les autres, plus lourdes, vécurent sur la terre ; quant aux dernières, composées de parties égales à la proportion du mélange, elles résonnèrent de toutes leurs poitrines (*Elles parlèrent ? Est-ce l'homme qui est ainsi composé à la proportion du mélange des éléments composant le monde ? Y a-t-il un rapport avec le fait qu'il parle et pense ? Comparer à la perception du semblable par le semblable – ci-dessous – et à Parménide, fragment 3, encadré 151*). (*Aëtius, Opinions, V, XIX, 5*) – Empédocle, dans son remarquable poème, affirme quelque chose du même genre : au commencement, des membres séparés sortirent çà et là de la terre, pour ainsi dire grosse. Ensuite ces membres se réunirent et bâtirent la substance du corps humain, mélangée de feu et de liquide. (*Censorinus, Du jour de la naissance, IV, 7*)

7. Parménide, Empédocle et Platon [pensent que la sensation] est produite par le semblable [...]. Empédocle explique toutes les sensations d'une façon semblable et déclare que la sensation est produite par le fait que [ce qui produit la sensation] s'harmonise aux pores de chaque sens. C'est ce qui fait qu'un sens ne peut pas juger des données adaptées aux autres sens, parce que les uns ont des pores trop larges et les autres trop étroits, relativement au

sensible, de sorte que certaines données passent au travers des pores sans les toucher, alors que d'autres ne peuvent pas pénétrer du tout. Il essaie aussi d'expliquer ce qu'est la vue, et déclare que l'intérieur de la vue est du feu, autour duquel se trouvent [de l'eau], de la terre et de l'air, à travers lesquels il peut passer grâce à sa subtilité, à la façon de la lumière dans les lanternes. Les pores du feu et de l'eau sont disposés en quinconce. À travers ceux du feu, nous percevons les objets blancs, à travers ceux de l'eau les noirs. Chaque donnée sensible s'harmonise à chaque type de pores. Les couleurs viennent à la vue par l'effluve. Les yeux ne sont pas tous composés d'une manière semblable [...] ; dans certains yeux, le feu est placé au centre, chez d'autres à l'extérieur. C'est pourquoi justement, parmi les animaux, certains voient mieux le jour, et d'autres mieux la nuit. Ceux qui ont le moins de feu voient mieux le jour, car la lumière interne est chez eux compensée par la lumière externe. [...] L'audition est produite à partir des sons extérieurs. En effet, lorsque [l'air] est ébranlé par le son, il se répercute à l'intérieur de l'oreille. [...] Le plaisir est produit par les semblables, tant dans les parties que dans le mélange, et la douleur par les contraires. Il explique de la même façon la conscience et l'inconscience. Car la conscience est produite par les semblables, tandis que l'inconscience est produite par les dissemblables, de sorte que la conscience est identique, à peu de chose près, au sentir. [...] La conscience dépend principalement du sang, car c'est en lui que réside principalement le mélange des éléments des parties. (*Théophraste, Du Sens, 1 et 7-10*)

159. FRAGMENTS CHOISIS D'EMPÉDOCLE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade, 1988*)

1. Connais premièrement la quadruple racine / De toutes choses : Zeus aux feux lumineux, / Héra mère de vie, et puis Aidôneus, / Nestis enfin, aux pleurs dont les mortels s'abreuvent.

2. Ainsi du non-étant rien ne peut naître un jour ; / Que l'étant soit détruit, cela ne veut rien dire / Et heurte la pensée ; car il sera toujours / Là, quel que soit l'endroit où l'on veuille le mettre.

3. Je te dirai encore : il n'est point de naissance / D'aucun être mortel, et point non plus de fin / Dans la mort [à la fois effrayante] et funeste ; / Il y a seulement un effet de mélange / Et de séparation de ce qui fut mêlé : / Naissance n'est qu'un mot qui a cours chez les hommes.

4. Mon propos sera double. En effet, tantôt l'Un / Augmente jusqu'au point d'être seul existant / À partir du multiple ; et tantôt de nouveau / Se divise, et ainsi de l'Un sort le Multiple. / Par deux fois, des mortels il y a donc naissance / Et deux fois destruction : tantôt la réunion / De toutes choses crée et par ailleurs détruit, / Et tantôt sous l'effet de la séparation / Ce qui s'était formé se

dissipe et s'envole. / Jamais les [éléments] ne cessent de pourvoir / À leur mutuel échange. / Tantôt de par l'Amour ensemble ils constituent / Une unique ordonnance, tantôt chacun d'entre eux / Se trouve séparé par la Haine ennemie. / (Et il en va ainsi, dans la mesure où l'Un / A appris comment naître à partir du Multiple.) / Et lorsque de nouveau, de l'Un dissocié / Le Multiple surgit, là les choses renaissent / Pour une vie précaire ; et dans la mesure où / Elles pourvoient sans cesse à leur mutuel échange, / Elles demeurent ainsi, en cercle (*pendant la durée du cycle*), immobiles. [...] Car tous [les éléments] sont égaux et sont nés / Chacun en même temps ; cependant chacun d'eux / Remplit son propre rôle et a son caractère : / Chacun à tour de rôle au cours du temps l'emporte.

5. Sous la domination de la Haine, les choses / Sont toutes séparées et distinctes de formes, / Mais sous l'effet d'Amour ensemble elles concourent, / Animées du désir partagé d'être ensemble.

6. Comme deux peintres (*l'Amour et la Haine ?*), quand ils ornent de couleurs / Leurs tableaux, ex-voto que l'on dépose aux temples, / En artistes instruits des secrets de leur art, / Quand de leurs mains prenant les diverses couleurs, / Ils les marient en de subtiles harmonies : / Un peu plus de ceci, un peu moins de cela, / Et de cette manière engendrent à plaisir, / Des formes imitant toutes sortes de choses, / Des arbres, et créant des hommes et des femmes, / Des bêtes, des oiseaux, et dans l'eau des poissons, / Et des dieux jouissant de la longévité / Et des plus hauts honneurs, ainsi ne laisse pas / L'erreur de ton esprit s'emparer ; ne crois pas / Que les choses qu'on voit apparaître diverses / Et en nombre infini chez les mortels proviennent / D'ailleurs. Sois-en bien sûr ; c'est en effet d'un dieu (*la muse d'Empédocle*) / Que vient l'allégorie que tu as entendue.

7. Puisqu'il n'est pas d'endroit qui soit vide de choses.

8. Égal à lui-même partout, illimité, / Sphairos (*l'univers sphérique*) est là, tout rond, joyeux et immobile.

9. Allons ! Je vais parler tout d'abord du Soleil, / Dire qu'il est le principe ; et puis des éléments / D'où tout ce que l'on voit à présent apparu : / La terre et puis la mer aux vagues écumantes, / Et l'air humide et puis ce Titan qu'est l'Éther, / De son cercle embrassant toutes choses serrées.

10. Elle [la Lune] lui coupe ses rayons [du Soleil], / Quand il passe au-dessus, elle fait une tache / D'ombre, de la largeur de son visage glauque, (*éclipse*)

11. Autour de la Terre une lumière d'emprunt / Et toute ronde, tourne. (*La Lune n'a pas de lumière propre, et tourne autour de la Terre.*)

12. La Terre fait la nuit dès lors qu'elle intercepte / Les rayons du Soleil.

13. Iris (*arc-en-ciel*), de l'océan nous apporte le vent, / Ou bien la grosse pluie.

14. Il est beaucoup de feux, qui brûlent sous le sol. (*volcanisme*).

15. La mer, sueur de la Terre.

16. Une foule naquit de monstres à deux faces, / À deux poitrails, des

bovidés à face d'homme ; / À rebours des enfants à la tête de bœuf / Naissaient, des créatures moitié homme, moitié femme, / Et dont les membres disparaissaient sous les poils.

17. C'est dans les régions plus chaudes du ventre / Que les mâles naissent, et c'est pourquoi encore / Les hommes y sont noirs, plus virils, plus poilus.

18. Cheveux, feuilles et dru plumage des oiseaux, / Écailles revêtant des membres vigoureux / Sont une même chose.

19. Le doux saisit le doux, et l'amer sur l'amer / S'élance ; le piquant va trouver le piquant, / L'ardent saillit l'ardent.

20. Au vin [l'eau ?] se mélange assez bien, mais refuse / De se mêler à l'huile.

21. Voici donc la façon dont tous [les animaux] / Inspirent et expirent. Car ils sont tous munis/De tuyaux faits de chair, contenant peu de sang / Et partout répandus dans l'espace du corps ; / Au débouché des tuyaux, les extrémités / Des narines sont percées de multiples trous, / Tels que le sang ne peut sortir, mais que l'éther / En elles peut fort bien se frayer un passage. / Quand ensuite le sang délicat s'en retire, / En flots impétueux l'éther s'élance en elles ; / Mais sitôt qu'il revient, l'air se trouve expiré. / Comme une enfant qui joue avec une clepsydre / Au bronze étincelant : quand elle vient plaquer/ Contre sa jolie main l'extrémité du col / Et plonge l'appareil dans le mol élément / Aux reflets argentés, aucune goutte d'eau / Ne rentre en l'appareil, mais la masse de l'air, / Pesant de l'intérieur sur les trous resserrés, / Repousse l'eau et la maintient à l'extérieur, / Jusqu'à laisser un fort courant y pénétrer. / Car dès qu'elle permet à l'air de s'échapper, / L'eau fatale s'engouffre. De la même façon, / Lorsque de l'eau remplit le réservoir de bronze / Et que la main humaine obture l'embouchure, / L'éther extérieur qui aspire à entrer, / Retient l'eau au-dedans et assiège la place, / Se pressant aux portes du filtre glougloutant ; / Cela jusqu'à ce que l'enfant ôte sa main. / Alors, à l'opposé du cas qui précédait, / L'air se rue au-dedans, l'eau fatale s'écoule. / Ainsi donc en est-il quand le sang bouillonnant / Dans les membres reflue à sa place première : / Aussitôt un courant d'éther fait irruption ; / Mais sitôt que le sang remonte à la surface, / De nouveau autant d'air se retrouve expiré. (*Empédocle compare le mouvement du sang et de l'air dans les vaisseaux – supposés s'ouvrir sur la peau par des pores – au mouvement de l'air et de l'eau dans une clepsydre qu'une enfant enfonce et retire de l'eau en fermant et en ouvrant alternativement son orifice supérieur : l'orifice supérieur fermé par le doigt de l'enfant, la clepsydre enfoncée verticalement dans l'eau ne peut se remplir par son orifice inférieur, car l'air qu'elle contient ne peut s'échapper ; quand l'enfant enlève son doigt, l'air s'échappe et l'eau entre dans la clepsydre ; si alors l'enfant referme l'orifice supérieur de la clepsydre pleine d'eau et retire celle-ci du bassin où elle était enfoncée, elle ne peut se vider par son orifice inférieur ; si l'enfant enlève alors son doigt de l'orifice supérieur, l'eau s'échappe par l'orifice inférieur, et l'air entre par l'orifice supérieur.*)

22. Par la terre en effet nous percevons la terre ; / Par l'eau, l'eau ; et par

l'Éther, le divin Éther ; / Et par le feu encor, le feu dévorant tout ; / Et c'est par l'Affection que l'on voit l'Affection, / Et par la Haine destructrice on voit la Haine, (*perception du semblable par le semblable*)

23. Car Dieu n'a ni le chef ni les membres d'un homme ; / Deux branches ne poussent pas non plus sur son dos, / Il n'a ni pieds, ni genoux prompts, ni génitoires : / Il n'est qu'un pur esprit, sacré et ineffable, / Dont les prompts pensées parcourent le cosmos / Tout entier, (*comparer à Xénophane*)

On a déjà été amené, et on le sera encore, à rapprocher Empédocle et Anaxagore pour ce qui concerne le contenu de leurs pensées. On remarquera ici combien différent cependant les formes dans lesquelles ces pensées sont exprimées. Alors qu'Anaxagore s'exprime d'une manière relativement simple et directe, comme le faisaient les Milésiens (et notamment Anaximène), Empédocle utilise la forme du poème, avec son style contourné et souvent obscur. Alors qu'Anaxagore est un penseur de style « classique », tenant école, Empédocle est une sorte de mage, chef de secte, mystique exalté (ou se prétendant tel), rappelant fortement Pythagore avec sa croyance à la métempsychose et les interdits précédemment évoqués. Les deux côtés du monde grec (la côte ionienne d'une part, la Sicile et l'Italie du Sud d'autre part) sont ainsi bien différenciés : le sensible et la naturalité d'un côté, l'intelligible et la mystique de l'autre (Héraclite faisant un peu exception).

Avant d'étudier les thèses d'Empédocle, on doit rappeler que, tout comme Anaxagore, il passe pour avoir été le premier à montrer la corporéité de l'air. Sa méthode est exposée dans le fragment 21 de l'encadré 159, où il l'utilise comme métaphore pour expliquer sa conception de la « circulation sanguine » et la relation de celle-ci avec la respiration. Cette méthode est très simple et ne nécessite pas d'explications. Les expériences sont très rares dans la science antique (la notion de méthode expérimentale n'existant pas encore) ; celle-ci est une exception (avec celle des outres gonflées d'Anaxagore).

La physique et la cosmologie

C'est bien là la seule expérience qu'on trouvera dans la physique d'Empédocle ; et peut-être faut-il y voir une métaphore plutôt qu'une expérience. Ses théories, par ailleurs, relèvent toutes du domaine de la spéculation plutôt que de la science expérimentale. Le propos central de cette physique est le même que celui d'Anaxagore : essayer de réconcilier la critique éléate et l'expérience courante qui montre le devenir. Et la solution est comparable : admettre la divisibilité et, grâce à elle, expliquer un devenir *dans* l'être (et non un devenir *de* l'être) par la composition et la séparation des éléments dont est constitué l'univers. Ce qui implique qu'on admette une pluralité dans la nature de ces éléments.

Empédocle, comme Anaxagore, le dit clairement (fragment 3, encadré 159,

par exemple) : il n'y a ni naissance, ni destruction mais seulement changement dans la composition des choses. Alors qu'Anaxagore admet un nombre très grand (pour ne pas dire infini) de sortes d'éléments, Empédocle donne à toutes choses quatre racines : le feu, l'air, l'eau et la terre. L'origine de ces quatre racines n'est pas difficile à deviner ; chacune d'elles a été utilisée comme principe par l'un ou l'autre des philosophes précédents (l'eau par Thalès, l'air par Anaximène, le feu par Héraclite et les Pythagoriciens, la terre par Xénophane). Chez Empédocle, chacun de ces éléments (ou « racines ») est éternel et immuable, ayant ainsi une existence de type « élatique » (ils sont d'ailleurs chacun associés à un dieu : Zeus, Héra, Aidôneus, Nestis). Et chacun d'eux est égal aux autres en quantité et grandeur. Il semble cependant qu'Empédocle donne parfois la prédominance au feu (par exemple, la doxographie présente le sommeil comme un refroidissement, et la mort comme la séparation de l'élément igné – fragments non cités dans l'encadré 158) qu'il oppose aux trois autres racines, créant ainsi une sorte de dualisme où le feu aurait le rôle d'agent (et d'âme-animatrice, puisque la mort est la séparation du feu et des trois autres éléments du corps). Ce qu'on rapprochera des conceptions pythagoriciennes et d'Héraclite (voire de Parménide). On ne peut pas dire si ces quatre racines sont conçues par Empédocle comme des substances différentes ou comme des qualités ; la notion de substance distincte des qualités ne semble pas encore avoir été bien élaborée ; on est ici dans une physique des qualités, ces racines devraient sans doute être comprises comme des qualités substantifiées. Cette imprécision dans leur définition va poser quelques problèmes quand il s'agira de comprendre comment elles sont mélangées pour composer les différentes choses.

Les choses sont en effet composées par ces racines en proportions variables ; et c'est la variation de ces proportions qui explique le devenir. Empédocle introduit alors, pour rendre compte de leurs combinaisons et de l'évolution de celles-ci, deux principes : l'Amour et la Haine. Il est assez difficile de comprendre comment « fonctionnent » ces principes. Il semble tout d'abord que l'Amour procède par l'attraction du dissemblable par le dissemblable (attraction d'une racine par une autre racine), tandis que la Haine fait l'inverse, à savoir la répulsion du dissemblable par le dissemblable (ce qui revient à une attraction du semblable par le semblable, quant au résultat sinon quant au processus lui-même). D'autre part, Empédocle parle de l'Amour et de la Haine de la même manière qu'il parle des quatre racines (fragment 3, encadré 158). Il y a alors une ambiguïté sur la nature de l'Amour et de la Haine : sont-ils des forces ou des éléments comme le feu, l'air, l'eau et la terre ?

Les difficultés continuent lorsqu'on essaye de comprendre la manière dont les quatre racines se mélangent entre elles. D'une part, on peut, en ne considérant les racines que comme des qualités, comprendre ce mélange comme purement qualitatif. Le fragment 6 (encadré 159) expliquerait ce qu'est un mélange purement qualitatif par la comparaison au peintre qui mélange les couleurs : les quatre racines se mélangeraient pour former des qualités nouvelles comme les couleurs fondamentales se mélangent pour donner les autres couleurs (en ne

considérant que l'aspect qualitatif visuel, et non l'explication physique de la nature particulière des peintures mélangées). D'autre part, la lecture de la doxographie et des fragments n'est pas sans suggérer une interprétation où les racines elles-mêmes sont constituées de particules et de pores. Par exemple, le fragment 3 de la doxographie dit : « *Empédocle déclarait qu'antérieurement aux quatre éléments, il existe des fragments infiniment petits, qui sont pour ainsi dire des éléments homéomères précédant les éléments.* » Le témoignage d'Aétius peut évidemment être mis en doute, mais celui de Théophraste, auteur plus sûr, (fragment 7 de la doxographie) va dans le même sens, ainsi d'ailleurs que certains fragments d'Empédocle lui-même. Si bien que la reconstitution suivante, qui fait appel à des particules et des pores, n'est pas invraisemblable.

Empédocle dit que les éléments courent les uns à travers les autres ; ce qui suggère une nature particulière de ces éléments, particules entre lesquelles il y aurait des pores, pores plus souvent évoqués que les particules et qui jouent un grand rôle dans sa biologie. On remarquera que Platon, dans le *Timée*, reprend les quatre racines d'Empédocle, feu, air, eau et terre, en leur donnant explicitement une nature particulière, précisant même la forme de ces particules : tétraèdre, octaèdre, icosaèdre, cube (le feu, l'air et l'eau peuvent se transformer l'un en l'autre par recombinaisons des triangles dont sont faites leurs particules, ce que ne peut faire la terre qui a des particules cubiques). Non seulement Empédocle ne précise pas la forme des particules (à supposer qu'il ait admis cette nature particulière), mais pour lui les racines sont éternelles et ne peuvent pas se transformer les unes en les autres. À propos cependant de la forme des particules, il semble admettre que les particules de feu sont plus fines que celles de l'air et de l'eau (Platon donne la forme tétraédrique aux particules de feu, parce que ce sont les plus pointues et mordantes).

Selon la dimension des pores et des particules, le mélange et la séparation des quatre racines se font différemment. Ainsi, un élément dont les particules sont très fines court facilement à travers un élément dont les pores sont gros, ces pores ne le retiendront pas et le mélange ne se fera pas. Si au contraire les particules sont trop grosses pour les pores de l'autre élément, elles ne le pénétreront pas, et le mélange ne se fera pas non plus. Il faut donc, pour qu'il y ait mélange, que la taille des pores et celle des particules soient dans le bon rapport ; et ce bon rapport est justement celui d'un élément avec lui-même. Les corps semblables ont donc une bonne adéquation entre leurs particules et leurs pores (ce qui veut dire que, dans un élément, les pores doivent être à peu près de la même taille que les particules), de sorte qu'ils se mélangent facilement. Ce serait là le principe de l'attraction du semblable par le semblable (voir par exemple, les fragments 19 et 20 de l'encadré 159 qui illustrent cette affinité du semblable pour le semblable, ainsi que la miscibilité).

Une telle conception ne va pas sans poser quelques problèmes. Tout d'abord, cette attirance du semblable par le semblable (qu'on retrouvera dans la théorie de la perception) est opposée au principe de l'Amour qui est une attraction du dissemblable par le dissemblable, et est comparable à la Haine, dans son résultat

sinon dans son principe. Il y a là une complication et une ambiguïté de la théorie. D'autre part, est-ce vraiment les racines qui sont composées de particules (qui seraient alors des homéomères) ? Le fragment 20 (encadré 159) n'est pas très clair à ce sujet ; à le lire, on penserait plutôt à des particules d'eau, de vin et d'huile, ce qui impliquerait une pluralité proche de celle d'Anaxagore. Enfin, Empédocle ne précise pas ce qu'il y a dans les pores. Ce ne peut être le vide, car il en nie l'existence (fragment 7, encadré 159, par exemple) ; mais s'ils sont pleins, ils ne servent à rien (à moins qu'on ne les conçoive comme des fissures dans la matière, fissures qui ne s'ouvriraient que pour laisser pénétrer d'autres particules). Si on peut penser qu'Anaxagore (qui aurait publié à la fin de sa vie) répond à Zénon en distinguant les infiniment petits de la nullité, ce pourrait bien être Empédocle que celui-ci critique quand il demande ce qui sépare les particules lorsqu'on conçoit l'être comme divisé.

Si donc, en imaginant (peut-être avant Anaxagore) la possibilité d'un devenir *dans* l'être par le mélange d'éléments donc chacun a une existence élatique, Empédocle a trouvé le moyen de concilier l'expérience courante avec la critique de Parménide, la mise en œuvre de ce moyen n'est pas – pour nous – parfaitement convaincante. Tout comme la solution d'Anaxagore, elle présente (à nos yeux d'Occidentaux du ^{xx}e siècle) des défauts de cohérence. Il n'en est pas moins vrai que les grandes lignes de cette théorie d'Empédocle (essentiellement la thèse des quatre racines et de leur mélange) resteront les fondements de la chimie jusqu'aux temps modernes (via, notamment, Platon, Aristote et l'alchimie), et qu'elles influenceront presque aussi durablement la médecine dans la théorie des humeurs (voir le chapitre suivant).

On retrouve les principes de cette physique dans la cosmologie d'Empédocle. Tout d'abord, il faut préciser que, pour lui comme pour les Éléates, le monde ne peut sortir du néant et ne peut s'anéantir (les quatre racines sont éternelles et créées) ; le monde n'a donc ni origine, ni fin. En outre comme celui de Parménide, il est sphérique (*Sphairos*). Contrairement au monde élatique, il admet le devenir, mais ce devenir est un cycle qui se compose de quatre périodes. Dans la première de ces périodes, l'Amour est totipotent ; dans la deuxième, il perd du terrain au profit de la Haine ; dans la troisième, celle-ci est dominante ; dans la quatrième, elle régresse au profit de l'Amour ; et ainsi on revient à la première période où l'Amour est dominant ; et le cycle recommence.

Quand l'Amour est dominant, les éléments sont mélangés de manière homogène (ce en quoi l'Amour s'oppose bien à l'attraction du semblable par le semblable). Toutes les choses sont donc indifférenciées en un magma, qui n'est pas sans rappeler celui qu'Anaxagore (ou même Anaximandre) met à l'origine des choses.

Dans la deuxième période, la Haine introduit des hétérogénéités (qui ne peuvent donc se produire que par l'attraction du semblable par le semblable, puisque précédemment le mélange était homogène) ; c'est alors que peuvent apparaître des choses différenciées.

Dans la troisième période, la Haine a séparé tous les éléments, qui se

retrouvent alors groupés en quatre sphères concentriques : au centre se trouverait la sphère de la Terre, puis celle de l'Eau, celle de l'Air, et enfin celle du Feu (l'homogénéité de chacune d'elles est alors le triomphe non seulement de la Haine mais aussi de l'attraction du semblable par le semblable). On remarquera qu'il y a ainsi un classement concentrique du plus dense (la Terre, au centre) au plus léger (le Feu, à la périphérie), comme chez Anaxagore et Anaximandre. Ce qu'on rapprochera d'une astronomie mettant la Terre au centre du monde (avec l'Eau des mers), Terre entourée d'une sphère d'Air et enfin du Feu céleste des astres. Quand la Haine est ainsi dominante et l'hétérogénéité totale (séparation totale des quatre racines), toutes choses différenciées ont disparu.

Enfin, dans la quatrième phase, l'Amour croissant détruit cette totale hétérogénéité, re-mélange les racines, et on se trouve dans le cas symétrique de la deuxième phase ; il peut de nouveau y avoir des choses différenciées.

La période actuelle ne peut donc être que la deuxième ou la quatrième phase. Il semblerait que pour Empédocle nous nous trouvions dans la deuxième, celle de la Haine croissante (quoique certaines conceptions biologiques suggèrent que nous sommes dans la quatrième, celle de l'Amour croissant).

Puisque les racines sont en quantités constantes, qu'elles sont éternelles, non créées et indestructibles, qu'il n'y a pas de vide dans le monde, et que l'Amour et la Haine sont à considérer autant comme des racines que comme des forces, on peut se demander ce que l'Amour devient (et où il est) quand la Haine est totipotente, et réciproquement. Il semble que dans la première phase la Haine est repoussée à la périphérie, et que l'Amour occupe toute la sphère du monde (allié aux quatre racines). Puis la Haine pénètre et, peu à peu, occupe tout en repoussant l'Amour au centre de la sphère ; puis le mouvement s'inverse, l'Amour concentré reprend son expansion, et repousse la Haine à la périphérie.

L'ordre de séparation des éléments dans la seconde phase, lors de la pénétration de la Haine, serait le suivant d'après la doxographie. C'est d'abord l'éther qui est séparé, puis l'air et le feu, ensuite la terre d'où l'eau jaillit comme d'une éponge comprimée (par le mouvement de révolution peut-être). On peut toutefois se demander si ce ne serait pas plutôt le feu qui est d'abord séparé ; le feu à la périphérie et le mélange air-eau-terre au centre (comme c'est le cas chez Anaximandre), et si la terre, l'eau et l'air ne se sont pas ensuite différenciés par une sorte de compression du mélange froid (par exemple, la pluie comme compression de l'air qui exprime par ses pores l'eau dont il est imprégné – et non une condensation de l'air produisant l'eau). Cette conception aurait l'avantage d'opposer le feu aux trois autres racines, ce qui semble bien s'accorder avec ce que dit Empédocle lui-même par ailleurs. Quant à l'éther, c'est l'élément du Ciel divin (non atmosphérique) dans la philosophie grecque ultérieure ; il ne semble pas très bien s'articuler avec le reste du système, à moins de l'assimiler au feu des astres, qui différerait du feu « commun » (quoique parfois Empédocle semble le confondre avec l'air).

On remarquera que, contrairement à Anaxagore, Empédocle ne fait pas appel à une « intelligence », *Nous* ou *Logos*, qui donnerait un ordre au monde. Pour lui,

cet ordre résulte de la Nécessité qui préside au mélange des racines sous l'effet de l'Amour et de la Haine (et/ou de l'attraction du semblable). Cette Nécessité est manifestement cyclique (ce qui rappelle le principe de la grande année chez Héraclite). Il est peut-être exagéré de parler ici de « conception mécaniste », mais il y a déjà un embryon d'une telle conception (en comparaison avec Anaxagore et son *Nous*), ce qui se manifestera encore plus nettement dans la biologie. Outre l'alternance de l'Amour et de la Haine, les choses ne se différencient et n'évoluent que par le mélange « mécanique » des racines (selon les principes évoqués), et non sous le contrôle d'une « intelligence » totipotente. Parallèlement, on ne trouve pas non plus chez Empédocle une théorie de la connaissance (comme il y en a une chez Anaxagore ou Héraclite, par la participation de l'âme de l'homme au *Nous* ou au *Logos*), mais seulement une théorie de la sensation (le semblable par le semblable) qui, d'après Théophraste (fragment 7, encadré 158), aurait été étendue maladroitement à la connaissance.

L'astronomie

Il ne reste pas grand-chose de l'astronomie d'Empédocle, et ce qui en reste est assez hétérogène. La voûte céleste est solide et en air « cristallisé », les étoiles y sont attachées. Les astres sont de feu, mais la Lune, elle, serait un disque d'air « congelé » et n'aurait pas de lumière propre, ce qui est la conception d'Anaxagore.

Le plus remarquable est la conception du Soleil et de l'alternance du jour et de la nuit. Ce ne serait pas le Soleil qui est la cause du jour (il n'aurait pas lui-même de lumière propre). En effet, le ciel serait fait de deux hémisphères, l'un de feu (et donc clair, c'est le jour), l'autre d'air mêlé de feu (c'est la nuit avec ses étoiles, l'air obscur et le feu des astres) ; le mouvement de ce ciel mettrait au-dessus de nos têtes alternativement ces deux hémisphères, d'où l'alternance jour-nuit. On retrouve là une conception déjà évoquée : celle qui fait de la lumière une sorte de vapeur claire, et de l'obscurité une vapeur sombre. Le Soleil, lui, n'est qu'un réflecteur dans lequel se concentre le feu de l'hémisphère clair. Outre qu'elle n'est pas très cohérente avec les autres données de la doxographie sur l'astronomie d'Empédocle (les astres sont de feu), on remarquera que ce Soleil réflecteur semble une préfiguration de celui de Philolaos, qui, lui, reflètera le feu central. On peut supposer que cette conception d'Empédocle a été influencée par la thèse selon laquelle la Lune n'a pas de lumière propre (thèse qui appartiendrait plutôt à Anaxagore) ; il aurait intégré et étendu cette caractéristique sans trop se soucier de bien l'articuler avec le reste de son astronomie, à moins que ce ne soient les doxographes qui aient fait quelques mélanges incohérents.

La biologie

Tout comme sa physique (et contrairement à son astronomie), la biologie d'Empédocle a eu une grande importance (notamment à travers la médecine et la

théorie des humeurs) jusqu'à la Renaissance. Cette biologie, contrairement à l'astronomie, s'articule assez bien avec la physique des quatre racines et la cosmologie inhérente. En fait, on pourrait même dire qu'elle se distingue à peine de cette physique, car les êtres vivants sont traités de manière très peu différente des objets inanimés, et dans une perspective assez mécaniste.

Tout comme les objets inanimés, les êtres vivants sont composés d'un mélange des quatre racines assemblées par l'Amour. La croissance et le développement des êtres pourraient être assurés par le principe de l'attraction du semblable par le semblable à partir des aliments, comme cela a déjà été exposé dans le cas d'Anaxagore (avec, en plus, le système particules-pores).

Reprenant la thèse d'Alcméon, Empédocle aurait considéré la santé comme l'équilibre entre les quatre racines, qui peuvent être plus ou moins assimilées aux deux couples sec/ humide et chaud/froid (couples qui étaient sans doute les plus importants dans la médecine d'Alcméon) ; les maladies étant, bien évidemment, des déséquilibres entre ces éléments fondamentaux. On remarquera cependant qu'Empédocle accorde une importance particulière au feu : si le sommeil est un refroidissement temporaire, la mort serait un refroidissement définitif par la séparation de l'élément igné contenu dans le corps (cf. le refroidissement des cadavres). Faut-il voir dans cette séparation la séparation d'un corps de nature terreuse (ou, plutôt, fait de terre, eau et air) et d'une âme qui serait de feu (on pense à Héraclite et aux Pythagoriciens) ; le feu aurait-il conservé ici un rôle d'agent opposé à la passivité d'une matière terreuse qu'il doit animer et mettre en forme (comme dans la voie de l'opinion du poème de Parménide) ? On rapprochera encore de ceci le fragment 17 (encadré 159), où Empédocle associe la naissance des mâles à la partie la plus chaude du sein de la femme.

Si la génération des êtres vivants les uns par les autres est commentée de manière comparable à ce qu'il en est chez les autres auteurs de l'époque, la théorie qu'Empédocle propose pour leur apparition sur la terre est tout à fait remarquable. Les différentes parties des animaux seraient apparues séparément les unes des autres, parce que la Haine séparatrice avait encore trop de pouvoir. Avec l'accroissement de l'Amour ces différentes parties se sont réunies pour former divers corps ; mais elles se sont réunies au hasard, d'où l'engendrement de monstres composés de parties de différents animaux ; seuls auraient finalement été conservés les êtres viables, qui se seraient alors reproduits selon la génération sexuée (toujours sous l'effet de l'Amour). Outre qu'elle explique les monstruosité dont la mythologie peuple le passé, cette théorie (qui n'est pas sans rappeler la théorie darwinienne de l'évolution) est remarquable par son caractère mécaniste ; il n'y a pas d'âme ou de principe censé expliquer les êtres vivants, mais une association au hasard de parties séparées (on peut juste imaginer que le principe de l'équilibre nécessaire à la santé a dû jouer un rôle dans la détermination de ce qui a survécu dans ces assemblages). Il existe une autre interprétation, légèrement différente, selon laquelle la différenciation des espèces et des sexes serait due à la croissance de la Haine (les végétaux seraient apparus assez tôt pour que les sexes ne soient pas séparés en eux) ; et c'est toujours la croissance de la Haine qui

expliquerait que les êtres vivants ne peuvent plus naître spontanément mais doivent passer par la génération sexuée. Quoi qu'il en soit, dans un cas comme dans l'autre, la théorie reste assez mécaniste et ne fait pas appel à la finalité (ce qui lui vaudra les critiques d'Aristote).

Avant d'exposer les deux autres grandes théories de la biologie d'Empédocle, on doit signaler quelques conceptions de détail assez intéressantes. Comme celle qui veut que les arbres fassent partie de la terre comme l'embryon fait partie de la mère, se nourrissant d'elle comme celui-ci fait de sa matrice ; la perte des feuilles est expliquée par la perte d'eau en été (les arbres qui restent verts sont ceux qui sont les plus riches en eau) ; les fruits sont des excédents d'eau et de feu en quelque sorte excrétés par les plantes ; quant aux différences de saveurs, elles sont dues au terroir (comme c'est le cas pour les différents crus de vins). Le fragment 18 (encadré 159) présente aussi une théorie intéressante en ce qu'il assimile les poils, les plumes et les écailles (mais aussi les feuilles) à une même chose. Enfin, pour Empédocle, c'est le sang qui est censé être le siège de l'âme sentante et pensante (pour Anaxagore, c'était le cerveau).

La théorie de la sensation proposée par Empédocle est l'exacte opposée de celle d'Anaxagore : le semblable est senti par le semblable. Elle est moins satisfaisante sur le plan psychologique que celle d'Anaxagore, qui introduisait bien la séparation du sujet sentant et de l'objet senti, mais elle est accompagnée d'une explication qui, comme le reste de la biologie d'Empédocle, est assez mécaniste. Les différents objets sont censés émettre des « effluences », non seulement odorantes, mais aussi visuelles (la doxographie, non citée ici, explique même comment celles-ci sont renvoyées par les miroirs), et ces effluences sont captées par les organes des sens. Pour agir sur ceux-ci, il faut que les particules dont elles sont composées puissent s'adapter aux pores « sensibles » ; et c'est pour cela que le semblable est senti par le semblable (on a vu en effet que les pores et les particules de deux corps semblables sont adaptés entre eux). Le fragment 7 de la doxographie, dû à Théophraste, explique les différentes sensibilités et propose une extension sommaire à la conscience.

Enfin, la dernière thèse biologique que nous évoquerons est celle qui associe un mouvement du sang à la respiration. On a déjà expliqué, dans le cas d'Alcméon et de Diogène d'Apollonie, comment les anciens Grecs assimilaient les artères et les voies respiratoires (du fait de leur ressemblance structurale, leur rigidité opposée à la souplesse de la paroi veineuse, et aussi du fait de la mauvaise interprétation d'une observation selon laquelle les artères des cadavres sont pleines d'air). Empédocle reprendra cette conception en l'enrichissant (fragment 21, encadré 159). Il imagine que les vaisseaux aboutissent à des pores à la surface du corps ; ces pores laissent passer l'air mais pas le sang (ils sont trop fins). Il combine alors un mouvement du sang et un mouvement d'air dans ces vaisseaux. Quand le sang se retire de la surface vers l'intérieur du corps, l'air est aspiré dans les vaisseaux à travers les pores ; quand le sang reflue vers la surface du corps, l'air en est chassé ; et ainsi de suite. Il imagine ainsi un mouvement du sang couplé avec une respiration qui se ferait par les pores de la peau (on peut

aussi se demander s'il ne concevait pas de tels pores au niveau des poumons ; en effet, Empédocle passe pour avoir pratiqué la dissection, et il aurait pu observer les relations entre le système vasculaire et les poumons, relations qu'il aurait interprétées à l'aide de sa théorie des pores). Ici encore on a une explication très mécaniste d'un processus physiologique, agrémentée d'une analogie avec la clepsydre plongée dans l'eau. On remarquera que cette conception d'un mouvement du sang couplé avec un mouvement d'air figure également chez Hippocrate de Cos (voir le chapitre suivant) ; il est très probable qu'elle est inspirée d'Empédocle.

Conclusion

Comme Anaxagore (et peut-être avant lui), Empédocle a cherché à concilier la critique éléate et l'expérience commune du devenir. Comme lui, il l'a fait en imaginant un devenir *dans* l'être par la combinaison d'éléments, dont chacun aurait une existence éléatique. Il limite cependant le nombre de ces éléments à quatre, reprenant manifestement ceux que ses prédécesseurs avaient utilisés à l'état isolé ou par couples. On peut imaginer que ce nombre limité aurait permis de concevoir des proportions entre les quatre racines, proportions variables selon les objets considérés et selon leur devenir (tandis que le nombre indéfini des qualités et l'affirmation que tout est dans tout rendent bien plus difficile l'existence de telles proportions dans la thèse d'Anaxagore). Cependant, alors même qu'il a subi l'influence des Pythagoriciens (qui s'intéressaient fortement à la question des proportions), Empédocle ne semble pas s'être préoccupé de cet aspect quantitatif (la seule indication en ce domaine se trouve chez Aétius qui précise que les chairs sont composées des quatre racines en proportions égales, les nerfs d'une partie de feu pour deux parties d'eau, les os de deux parties d'eau, deux parties de terre et quatre de feu) ; et c'est Anaxagore qui, avec son *Nous* ordonnant le magma indifférencié, se rapproche le plus de cette question des proportions. Ce qu'il faut sans doute relier au fait que, s'il ne reste rien des travaux mathématiques d'Anaxagore, il a au moins la réputation de les avoir faits, tandis qu'Empédocle n'a de mathématicien même pas la réputation.

Comme pour celle d'Anaxagore, on peut dire que la thèse physique d'Empédocle n'est pas parfaitement cohérente ; et si, contrairement à celle d'Anaxagore, elle a traversé les siècles, ce ne sont guère que ses grandes lignes qui ont pu le faire. Tous deux avaient compris la nécessité du mélange d'éléments fondamentaux (en plus ou moins grand nombre – contre le monisme des Milésiens), tous deux avaient compris qu'on devait considérer les sens comme « trompeurs » en ce qu'ils sont incapables de révéler ce mélange et se contentent de donner l'aspect général résultant de celui-ci. Mais aucun des deux n'a parfaitement réussi à expliquer la manière dont se fait ce mélange des éléments. L'un comme l'autre ont été gênés par la négation du vide. Anaxagore admettant l'infinie divisibilité ne semble pas avoir vu la nécessité de séparer les différentes qualités et de les classer en un nombre limité de catégories. Empédocle a bien

séparé les qualités, il en a fait les quatre racines, mais il n'a manifestement pas bien formulé la question de la divisibilité, finie ou infinie, ni la nature particulière et poreuse de ces racines. De sorte que l'une et l'autre thèses nous paraissent incomplètement satisfaisantes (dans ce qui en reste et ce qu'on peut reconstituer d'après la doxographie). Presque 25 siècles nous en séparent, et la manière de penser d'un Occidental du ^{xx}e siècle diffère de celle d'un Grec du ^ve siècle av. J.-C. , cependant on trouve chez les presque-contemporains d'Anaxagore et Empédocle (notamment chez Aristote) des critiques qui portent justement sur ce qui nous semble peu cohérent ; on ne peut donc uniquement invoquer notre difficulté à comprendre un ancien Grec pour justifier ces incohérences.

Enfin, une différence notable entre Anaxagore et Empédocle (outre leurs styles assez opposés, l'un physiologue traditionnel, l'autre mage et thaumaturge) est que l'un adopte une conception qu'on classerait aujourd'hui dans le finalisme (Anaxagore et son *Nous*), tandis que l'autre est assez fortement mécaniste (des éléments, des principes d'interactions, et la machinerie du monde fonctionne selon son cycle). Et c'est curieusement le mage et le mystique qui est le mécaniste, alors même que l'influence pythagoricienne aurait dû l'orienter vers l'autre voie (celle d'un principe abstrait organisateur du monde). L'influence milésienne sur Anaxagore aurait dû, elle, le pousser au contraire vers le mécanisme, c'est peut-être l'exemple du *Logos* d'Héraclite qui l'a emporté.

Ces deux voies ainsi ébauchées, le finalisme et le mécanisme, auront un sort inégal dans l'Antiquité. Avec Platon et Aristote, ce qu'on appelle ici « finalisme » se développera et dominera toute la philosophie et la science pendant de longs siècles. La voie mécaniste n'aura guère que quelques représentants antiques, dont les principaux sont les Atomistes.

LEUCIPPE ET DÉMOCRITE D'ABDÈRE

Les deux principaux représentants de l'école atomiste, et ses créateurs, sont Leucippe et son disciple Démocrite. De Leucippe on ne sait presque rien ; on a même pu mettre en doute son existence. S'il a existé (comme c'est probable), il serait né à Milet vers 490 ; il en partit vers 450 et ouvrit une école à Abdère (sur la mer Égée, au nord de la Grèce). On dit aussi qu'il a été l'élève de Parménide (était-il alors originaire d'Italie du Sud ?), ou même qu'il était originaire d'Abdère. Comme on est très mal renseigné sur lui, et qu'on ne sait pas très bien ce qui lui revient et ce qui revient à Démocrite dans l'atomisme, nous exposerons cette doctrine sans nous soucier de l'identité exacte de son auteur. L'importance plus grande qu'on sera sans doute amené à donner à Démocrite vient simplement de ce qu'il est mieux connu dans son existence historique.

Démocrite naquit vers 460 à Abdère, et il mourut très âgé vers 360 ; il est donc à peu près contemporain de Socrate (à qui il survécut) et du médecin Hippocrate

de Cos qu'il connut personnellement. Il fut l'élève de Leucippe et fit des voyages en Égypte, Chaldée et peut-être même en Inde où il aurait rencontré des « gymnosophistes » (des « sages nus », c'est-à-dire des fakirs). On lui prête un savoir encyclopédique, et une vie assez difficile sur le plan matériel (tombé en pauvreté, son frère aurait dû l'entretenir). Il reste quelques fragments de son œuvre qui a été très diverse, mais assez peu sur la théorie atomiste proprement dite (la plupart des fragments concernent la morale), si bien que c'est surtout par la doxographie que cette théorie nous est connue. Les autres conceptions « scientifiques » de Démocrite (astronomie, biologie, mathématiques) sont également peu représentées dans les fragments, et sur elles la doxographie est aussi vague que sur la théorie atomiste. Parmi les disciples de Démocrite, citons Protagoras le Sophiste et Nausiphane qui fut le maître d'Épicure, le plus célèbre continuateur antique de l'atomisme.

Les encadrés 160 et 161 présentent un choix de fragments et une doxographie de Leucippe et de Démocrite.

160. FRAGMENTS CHOISIS DE LEUCIPPE ET DE DÉMOCRITE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

Leucippe

1. Nulle chose ne se produit fortuitement, mais toutes choses procèdent de la raison et de la nécessité.

Démocrite

(Il reste beaucoup plus de fragments de Démocrite que de Leucippe, mais la plupart ont trait à sa morale, qui est une sorte de préfiguration de celle d'Épicure. On donne ci-dessous quelques-uns des fragments « scientifiques » ou « épistémologiques » qui nous sont parvenus.)

1. Convention que le doux, convention que l'amer, convention que le chaud, convention que le froid, convention que la couleur ; et en réalité : les atomes et le vide.

2. En fait, nous ne saisissons rien de ferme et d'assuré, mais seulement ce qui nous affecte conformément à la disposition de notre corps et aux [choses] qui le frappent et lui offrent résistance.

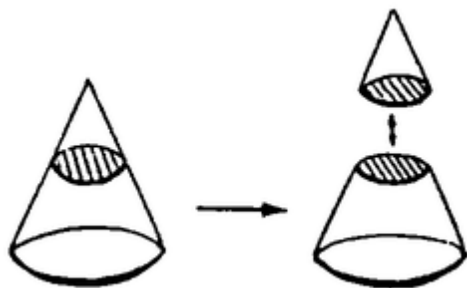
3. Il est deux formes de connaissance, l'une légitime, l'autre bâtarde. De la

bâtarde relèvent tout ensemble la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, le toucher. En revanche, la légitime en est distincte. Vient un moment où la bâtarde n'est plus à même ni de voir ce qui est devenu trop petit pour elle, ni de l'entendre, ni de le sentir, ni de le goûter, ni de le percevoir par le toucher.

4. Car tout ce qui échappe à la vision des yeux relève de la vision intellectuelle.

5. Misérable raison, c'est de nous [les sens] que tu tires les éléments de ta croyance, et tu prétends nous réfuter ! Tu te terrasses toi-même en prétendant nous réfuter.

6. Si un cône venait à être coupé parallèlement à sa base, que faudrait-il juger touchant les superficies des sections (*c'est-à-dire les surfaces qui limitent, l'une la partie supérieure du tronc de cône inférieur, l'autre la base du cône supérieur – voir la figure*), si elles sont égales ou inégales ? Car si elles sont inégales, elles feront donc que la pyramide ronde (*le cône*) prendra plusieurs engravures profondes et raboteuses (*des « escaliers »*) : et si elles sont égales, les sections seront aussi égales, et se trouvera que le cône fera pareil effet que le cylindre, comme s'il était composé de cercles égaux et non pas inégaux, ce qui est fort absurde. (*Démocrite met ainsi en évidence le problème des infiniment petits et du calcul infinitésimal ; on rapprochera ce fragment du fait qu'Archimède attribue à Démocrite la découverte que le volume du cône et de la pyramide sont égaux respectivement au $\frac{1}{3}$ du cylindre et du prisme de même base et de même hauteur ; connaissance que possédaient les Égyptiens et peut-être les Mésopotamiens.*)



161. DOXOGRAPHIE CHOISIE DE LEUCIPPE ET DE DÉMOCRITE

(Réf. : *Les Présocratiques – La Pléiade*, 1988)

1. Leucippe était citoyen d'Élée ; mais, selon certains, d'Abdère, et selon d'autres encore, de Milet. Il fut l'élève de Zénon. Il estimait que toutes les choses étaient illimitées et se transforment mutuellement les unes dans les autres, et que l'univers est à la fois vide et rempli de corps (*les atomes*). Les mondes s'engendrent quand les corps (*atomes*) qui tombent dans le vide

s'entrelacent mutuellement ; et leur mouvement, venant à s'accroître, produit la substance des étoiles. [...] Leucippe fut le premier à ériger les atomes en principes. [...] L'univers est [...] illimité. Il est formé à la fois du plein et du vide, auxquels il donne aussi le nom d'éléments. C'est de lui que se forment, en nombre illimité, des mondes, et c'est à lui qu'aboutit leur dissolution. La génération des mondes se produit ainsi : dans une section, de multiples corps de formes diverses se trouvent transportés de l'illimité vers le grand vide ; leur rassemblement produit un tourbillon unique grâce auquel, se heurtant et tournoyant en tous sens, ils se séparent en formations distinctes, les corps semblables se rejoignant. Étant donné que leur grand nombre ne leur permet pas de circuler en équilibre, les corps légers prennent la direction du vide extérieur, comme par un effet de criblage, tandis que les autres se rassemblent, s'entrelacent et font course commune pour produire un premier système sphérique. Celui-ci remplit, à la façon d'une membrane, un rôle de protection, et enveloppe lui-même une grande diversité de corps, qui du fait de la résistance du centre, sont contraints de tourbillonner à la périphérie : la membrane extérieure s'affine alors du fait de l'incessante confluence des corps continus tangentielllement au tourbillon. C'est ainsi qu'a été engendrée la Terre, par le rassemblement des corps portés vers le centre. Cependant, en retour, ce qui, à la façon d'une membrane remplit le rôle d'enveloppe, s'accroît en fonction de l'affluence externe et supplémentaire des corps extérieurs. [...] Certains de ces corps, en se rassemblant, produisent un système, d'abord humide et boueux ; puis ils s'assèchent, sont emportés circulairement dans le tourbillon général, et finissent par s'embraser et former la substance des étoiles. (*Diogène Laërce, Vies, IX, 30-32*)

2. Leucippe tient pour principes le plein et le vide ; Démocrite est d'accord avec lui sur ce point, mais fournit davantage de justifications sur d'autres points. (*Cicéron, Premiers Académiques, II, XXXVII*)

3. Démocrite était le fils de Hégésistrate, mais pour d'autres d'Athénocrite, et pour certains de Damasippe. Il naquit à Abdère ou, pour d'autres, à Milet. Il fut l'élève de certains mages et de Chaldéens. car le roi Xerxès, à l'occasion de son séjour chez le père de Démocrite, lui avait en partant, ainsi que le dit précisément Hérodote, laissé des gouverneurs, de qui il apprit, étant encore enfant, la théologie et l'astronomie. Ensuite il fréquenta Leucippe et, d'après certains Anaxagore, qui avait quarante ans de plus que lui. [...] Démétrios dans ses *Homonymes*, et Antisthène, dans ses *Successions*, déclarent qu'il voyagea et se rendit en Égypte pour apprendre auprès des prêtres la géométrie, en Perse pour s'instruire auprès des Chaldéens, et jusqu'à la mer Rouge. Pour certains, il fréquenta en Inde les gymnosophistes et se rendit en Éthiopie. [. . ,] Voici maintenant sa doctrine. Les principes de toutes choses sont les atomes et le vide, et tout le reste n'existe que par convention. Les mondes sont illimités et sujets à génération et à corruption. Rien ne saurait être engendré à partir du non-être et rien ne saurait, en se corrompant, retourner au non-être. Les atomes sont illimités en grandeur et en nombre, et animés d'un mouvement

tourbillonnaire dans l'univers, ce qui a pour effet d'engendrer tous les composés : feu, eau, air et terre, qui sont justement des compositions de certains atomes, eux-mêmes exempts de pâtre et d'altération du fait de leur solidité. Le Soleil et la Lune sont composés de telles particules lisses et rondes, tout comme l'âme qui est identique à l'intellect. Nous voyons grâce à des images qui entrent en nous. Tout ce qui est engendré est régi par la nécessité, car la cause de la génération de toutes choses est le tourbillon qu'il nomme nécessité. (*Diogène Laërce, Vies, IX, 34 et 44-45*)

4. Démocrite estime que la nature des entités éternelles consiste en de petites substances illimitées en nombre. Il leur assigne par hypothèse un lieu distinct d'elles (*séparation de l'espace et de la matière, et donc reconnaissance du vide*), illimité en grandeur. Au lieu, il donne le nom de vide, de rien et d'illimité ; à chacune des substances les noms de chose, d'élément compact et d'existant (*les atomes*). Il pense que les substances sont si petites qu'elles échappent à nos sens ; elles admettent des variations de forme, des variations de figure, et des différences de grandeur. C'est à partir de ces substances qui jouent le rôle d'éléments que, pour lui, se produit la génération, et que se composent les objets visibles et les particules sensibles ; elles sont sujettes à des variations et à des déplacements dans le vide en raison de leur dissimilitude et des autres différences mentionnées plus haut. Et, au cours de ces translations, elles se heurtent et s'imbriquent tellement les unes dans les autres qu'elles finissent par adhérer et se rassembler, sans pour autant que soit engendrée à partir d'elles – à dire le vrai – une nature une, quelle qu'elle soit, car il serait absurde de croire que deux ou plusieurs puissent jamais engendrer l'un. Le fait que les réalités (*les atomes*) demeurent liées pendant un certain temps s'explique par les accrochages et les entremêlements des corps : les uns sont scalènes, d'autres en forme d'hameçon, d'autres concaves, d'autres convexes et d'autres présentent d'innombrables différences. Démocrite pense que pour cette raison les atomes s'accolent et ne [demeurent ensemble] que jusqu'à ce que quelque nécessité plus forte venue de l'extérieur les fende d'une secousse et les disperse séparément. Démocrite explique encore que la génération et son contraire : la séparation, non seulement concernent les animaux, mais aussi les plantes, les mondes et d'une façon générale tous les corps sensibles ; puisque, pour lui, la génération est l'association des atomes et la corruption leur dissociation, la génération doit être pour Démocrite aussi une altération. (*Simplicius, Commentaire sur le Traité du ciel d'Aristote, 294, 33*)

5. Démocrite omet de traiter de la cause finale, et ainsi ramène à la nécessité toutes les voies de la nature. (*Aristote, Génération des animaux, V, VIII, 789 b 2*) – Certains (*Démocrite et Leucippe*) tiennent le hasard pour responsable de notre ciel et de tous les mondes, car c'est par le hasard qu'ont été engendrés le tourbillon et le mouvement qui a dissocié et composé l'univers dans cet ordre-ci. [Mais la suite ne manque pas de nous surprendre.] En effet ils pensent que les animaux et les plantes n'existent ni ne sont engendrés par la fortune, et que la cause de leur génération est la nature ou

l'intellect ou quelque autre chose semblable (car ce n'est pas n'importe quoi qui se trouve engendré à partir de la semence de chaque être, mais à partir de la semence de celui-ci un olivier et de la semence de celui-là un homme). Mais touchant le ciel et les plus divins des objets visibles (*les astres*), ils pensent qu'ils sont le fruit du hasard et que leur cause n'est en rien comparable à celle des animaux et des plantes. (*Aristote, Physique, II, IV, 196 a 24*)

6. Pour ce qui est du lourd et du léger, Démocrite les distingue au moyen de la grandeur, car si l'on discriminait individuellement chacun [des atomes], même si alors ils différaient en figure, leur poids naturel devrait être fonction de leur grandeur. En revanche, pour ce qui est, du moins des composés, le plus léger, selon lui, est celui qui renferme davantage de vide, alors que le plus lourd est celui qui en contient le moins [...]. Touchant le dur et le mou, il tient un langage tout à fait semblable : le dense est dur, alors que le rare est mou, et le plus et le moins varient très exactement selon le même rapport. Cependant ce qui fait que [le sensible] est dur, mou, lourd ou léger, ce sont certaines différences de position et de cloisonnement des vides ; c'est ce qui explique que si le fer est dur, le plomb est lourd ; car le fer a une structure irrégulière et renferme du vide en de nombreuses places et selon de grands espaces, ce qui n'empêche pas qu'il soit dense à certains endroits ; mais, dans l'ensemble, il contient plus de vide. Au contraire, le plomb renferme peu de vide et a une structure régulière totalement uniforme, ce qui fait qu'il est plus lourd, mais en même temps plus mou que le fer. [...] Ce qui est acide est anguleux de figure (*l'acide est fait d'atomes anguleux*), plein de sinuosités, petit et subtil : sa finesse lui permet de s'insinuer promptement et partout, et grâce à sa rugosité et à son aspect anguleux, il rassemble et resserre. C'est pourquoi aussi il réchauffe le corps en provoquant des vides, car ce qui renferme le plus de vide est sujet au plus grand échauffement. Le doux est formé de figures arrondies et non point trop petites, ... (*Sont ainsi expliqués l'astringent, le piquant, le salé, l'âcre, etc.*) [...] Touchant les couleurs, il pense qu'il en existe quatre pures. Le lisse est blanc, parce que le lisse n'étant ni rugueux, ni obscurcissable, ni non plus réfractaire à la pénétration, tout ce qui est lisse est brillant (*les atomes donnant une couleur blanche sont lisses de sorte que la surface des corps ne présente pas les ombres (noires) que provoqueraient leurs aspérités, c'est pourquoi ils sont aussi brillants*). [...] Les corps blancs friables et cassants, eux, sont formés de figures (*atomes*) arrondies, mais juxtaposées en quinconce et assemblées par paires, alors que leur ordre général est tout ce qu'il y a de plus uniforme ; étant donné ces qualités de leurs figures, ils sont friables parce que la surface de contact entre elles est très réduite. [...] Le noir est, lui, formé des figures contraires, c'est-à-dire rugueuses, scalènes et non uniformes. C'est pourquoi il peut attirer l'obscurité (*les ombres que font sur la surface du corps les aspérités des atomes*). [...] Le rouge, lui, est formé de figures (*atomes*) de même sorte précisément que celles dont le chaud est formé, sauf qu'elles sont plus grandes... (*Sont ensuite étudiées la quatrième couleur pure, le vert, puis les autres couleurs obtenues par une sorte de « mélange » des précédentes, pourpre, vert*

poireau, indigo, bleu pastel, etc.) (Théophraste, Du Sens, 61-65 et 73-75)

7. Démocrite, touchant la sensation, ne tranche pas la question de savoir si elle est le fait des contraires ou le fait des semblables. [...] La vue est produite selon lui, par l'image reflétée. Il l'explique d'une manière qui lui est tout à fait propre, car l'image ne se produit pas directement dans la pupille, mais l'air situé dans l'intervalle entre la vue et l'objet vu est comprimé et frappé par l'objet visible et l'œil qui voit, étant donné que toute chose émet toujours quelque effluve. Ensuite cet air, qui est un solide de couleur différente, produit une image qui se réfléchit dans les yeux humides. Le compact ne saurait recevoir l'image, mais l'humide la laisse passer ; c'est pourquoi les yeux humides voient mieux que les yeux secs. [...] Pour ce qui concerne l'audition , il en rend compte d'une manière tout à fait conforme à celle des autres philosophes. Car l'air, en frappant dans le vide (*de l'oreille, du corps ?*), produit à l'intérieur un ébranlement, à ceci près qu'alors il pénètre également tout le corps, il pénètre au mieux et au maximum par les oreilles, parce que l'air y traverse le vide le plus abondant (*le plus volumineux*) et n'y stagne en aucune façon ; c'est ce qui fait que l'oreille est la seule partie du corps à éprouver des sensations sonores. [...] Touchant la conscience, il est allé jusqu'à dire qu'il y a conscience lorsque l'âme connaît une disposition congruente au mélange (*comparer à Parménide et à Empédocle*). (Théophraste, *Du Sens*, 49-50, 55 et 58)

Avant d'aborder la théorie atomiste proprement dite, on remarquera que la morale de Démocrite peut véritablement être considérée comme l'ancêtre de celle d'Épicure (342-270 av. J.-C.), son continuateur en atomisme. Démocrite ne devrait donc pas être considéré simplement comme l'inventeur (avec Leucippe) de cet atomisme, mais comme le père de tout un courant philosophique important. D'autre part, Démocrite fut aussi un mathématicien. Il aurait écrit un traité de géométrie, un traité sur les nombres, aurait étudié les lignes incommensurables et la question de la tangence entre un cylindre et une sphère inscrite en celui-ci. L'encadré 160 donne le fragment dans lequel il s'interroge sur l'égalité des deux surfaces obtenues par la section d'un cône parallèlement à sa base. Archimède lui attribue aussi la découverte des formules de calcul du volume de la pyramide et du cône.

On lui attribue enfin (Diogène Laërce notamment) toute une série d'ouvrages dont il ne reste rien et qui auraient porté sur des sujets aussi divers que l'éthique, la psychologie, la logique, la médecine, l'agriculture, la peinture et le combat à armes lourdes.

C'est bien évidemment en tant qu'inventeur de l'atomisme (avec son maître Leucippe) qu'il entre dans l'histoire des sciences et de la philosophie (encore que, pour cette dernière, il soit aussi un père de ce qu'on appelle « épicurisme »),

L'atomisme a une genèse comparable à celle du pluralisme d'Anaxagore et Empédocle ; il s'agit toujours de répondre à la critique éléate, d'en tenir compte sans nier l'expérience courante qui montre le devenir. Tout comme pour

Anaxagore et Empédocle, la solution qui s'imposa, d'abord à Leucippe (qui est le contemporain d'Anaxagore et Empédocle) puis à Démocrite (un peu plus jeune), est celle du mélange d'éléments divers et multiples. Mais ici la solution est beaucoup plus audacieuse et ne comporte pas les défauts de celles d'Anaxagore et d'Empédocle.

Le monde est fait de particules indivisibles (les pleins) et de vide. Ces particules indivisibles, ou atomes, sont très fines, trop fines pour être perçues ; elles se meuvent dans le vide, s'y heurtent les unes aux autres, s'accrochent entre elles selon certaines modalités pour former les choses différenciées (perceptibles et présentant certaines qualités sensibles inhérentes à leur composition).

C'est la première fois que le vide est reconnu comme tel et utilisé dans une théorie. Les Atomistes concèdent aux Éléates que, pour que le mouvement soit possible, il faut du non-être ; mais contrairement à ceux-ci, ils admettent l'existence de ce non-être sous forme d'un espace vide. Le monde est donc divisible, il n'est pas continu, il contient du vide.

Quelles sont les caractéristiques des atomes ? Tout d'abord, comme l'étymologie de leur nom l'indique, ils sont physiquement indivisibles. Ils sont très petits et très durs. Ils sont tous de la même substance, mais ils diffèrent par la forme, et sans doute la grandeur. Démocrite ne parle pas de poids en ce qui les concerne ; ce seront Épicure et Lucrèce qui feront intervenir ce poids pour expliquer leur mouvement (pour ces auteurs, les atomes tomberaient sous l'effet de la pesanteur, mais pourraient parfois dévier de leurs trajectoires pour se rencontrer et s'associer au hasard, c'est le « *clinamen* »). Pour Démocrite, les atomes tourbillonnent comme les poussières dans un rayon de soleil. Aristote reproche à Démocrite de ne pas avoir expliqué ce mouvement des atomes ; il semble leur être propre de toute éternité, sans qu'il soit besoin de l'expliquer. Certains commentateurs disent parfois que les atomes se meuvent parce qu'ils n'ont pas de raison de se trouver à un endroit plutôt qu'à un autre ; ce mouvement serait donc lié à une indétermination de position. Il est difficile de savoir ce qu'il en est exactement à ce sujet dans la pensée de Démocrite ; on remarquera cependant que cette dernière proposition pourrait être reliée au fait que les atomes se meuvent dans le vide : à l'époque de Démocrite il est très probable que l'espace était d'abord le lieu des corps, or un espace vide échappe à cette définition, un espace vide ne peut pas être le lieu d'un corps, d'où cette indétermination du lieu des atomes, d'où leur mouvement.

Aristote, dans sa *Métaphysique*, essaye d'expliquer ce que sont les différentes caractéristiques par lesquelles les atomes diffèrent entre eux (la figure, l'ordre, la position). On voit mal à quoi peuvent correspondre ces caractéristiques, si ce n'est des différences de formes et des différences dans leurs manières de s'associer entre eux. Car, bien évidemment, c'est en s'associant que ces atomes forment les différentes choses ; et les qualités sensibles de ces choses sont fonction des proportions des différents atomes (formes et grandeurs) qui les composent, et sans doute aussi de leurs modalités d'association (leur « ordre » selon le terme d'Aristote). On admet en général que les atomes qui ont des contours irréguliers

(les atomes « crochus ») s'accrochent facilement les uns aux autres, lorsqu'ils se rencontrent et se heurtent dans leurs mouvements. Les atomes lisses et ronds, au contraire, glissent les uns sur les autres. Ces caractéristiques de formes, de grandeurs, d'arrangements laissant plus ou moins de vides, se retrouvent dans l'explication qui est donnée des différentes qualités sensibles des choses (densité, couleur, etc.) ; nous renvoyons, pour plus de détails, à l'extraordinaire fragment 6 de la doxographie (encadré 161) dû à Théophraste. Ces associations d'atomes peuvent bien évidemment se défaire (sous l'action de chocs qui les séparent, par exemple), car les atomes ne sont pas modifiés en eux-mêmes par leurs combinaisons avec d'autres atomes ; ils peuvent alors entrer en de nouvelles agrégations.

Ce qui est remarquable dans cette conception est son caractère totalement mécaniste ; il n'y a aucune finalité, aucun *Logos* ou *Nous* ; les atomes se rencontrent au hasard de leurs mouvements et s'associent si leurs formes le permettent (la phrase : « *Tout ce qui existe dans l'univers est le fruit du hasard et de la nécessité* », que Jacques Monod a mise en épigraphe à son ouvrage *Le Hasard et la Nécessité* et qu'il attribue à Démocrite, est apocryphe ; mais elle correspond assez bien à l'esprit qui semble avoir prévalu dans cet atomisme antique). Aristote, dans sa *Physique* (fragment 5, encadré 161), reproche ce rôle du hasard à Démocrite ; on apprend à cette occasion que, pour les Atomistes, les êtres vivants échappent à ce hasard et relèvent d'un « *intellect ou quelque autre chose semblable* » (car ce n'est pas n'importe quoi qui naît de n'importe quoi, il y a un ordre biologique, *ce* qui relativise la pertinence de l'épigraphe de J. Monod) ; en revanche, les astres (que pourtant les Pythagoriciens associaient aux mathématiques, et donc à l'ordre – au contraire des êtres vivants du monde sublunaire) sont bien le produit du hasard et de la nécessité pour les Atomistes.

La cosmologie reprend ces principaux thèmes de la physique. On y retrouve le tourbillon auquel les cosmologies précédentes nous ont habitués. Dans ce tourbillon, les atomes se séparent et se regroupent en diverses classes, les plus gros (plus lourds ?) au centre et les plus petits à la périphérie. La doxographie (non citée dans l'encadré 161) explique ce processus par analogie avec le ressac qui trie les galets selon leur forme, le van qui fait de même avec les grains, etc. On est là devant une nouvelle explication du principe selon lequel le semblable attire le semblable. Du fait que Démocrite ne fait pas mention du poids des atomes, on peut penser que c'est uniquement leur grandeur (et/ou leur forme) qui entre en jeu dans cette séparation (le poids serait en quelque sorte subséquent à ce maintien au centre du tourbillon, consécutif à la forme et à la grandeur).

Le fragment 1 de la doxographie (encadré 161) décrit en détail ce tourbillon et la manière dont sont produits la Terre et les astres. Il en ressort principalement que les atomes du centre du tourbillon forment une masse par agrégation progressive ; cette masse d'abord boueuse et humide se dessèche, d'où la Terre telle qu'elle est actuellement. Il semble que le même processus soit invoqué pour la formation des astres ; ceux-ci étant, de plus, enflammés par leur mouvement de rotation (emportés par le tourbillon). Cette astronomie ressemble fort à celle

d'Anaxagore ; comme lui, Démocrite aurait considéré la Terre comme ayant la forme d'un disque, aurait admis que la lumière de la Lune provient du Soleil, etc. On n'y trouve rien qui soit particulièrement nouveau, si ce n'est le principe de l'association des atomes triés par le tourbillon, et le fait que ce tourbillon n'est pas, comme chez Anaxagore, expliqué par un *Nous*, mais comme relevant du mouvement propre aux atomes (et donc, en fait, inexplicable, si ce n'est comme on l'a indiqué ci-avant). L'explication est totalement mécanique, il n'y a pas trace d'une intelligence organisatrice, comme celle que, si on en croit Aristote (fragment 5, encadré 161), Démocrite voyait à l'œuvre dans les êtres vivants.

En fait, on ne sait pratiquement rien de la biologie de Démocrite (*a fortiori* de celle de Leucippe). Le fragment 7 de la doxographie donne la manière dont, selon Théophraste, il concevait la sensation (à rapprocher du fragment 6 de cette doxographie). L'audition reprend la thèse, maintenant traditionnelle depuis Alcmeon, de la résonance dans l'oreille, avec quelques variations de détails. La vision semble reprendre sous une autre forme la théorie des effluences déjà évoquée dans le cadre de la biologie d'Empédocle : l'objet émet une certaine effluence qui est captée par l'œil ; s'ajoutent à ce principe quelques détails propres à Démocrite sur la mollesse et la densité de l'œil. Aétius prétend que, pour Démocrite, l'âme est double : la partie raisonnable siègerait dans la poitrine (le cœur, qui, avec le cerveau, est souvent considéré dans l'Antiquité comme le siège de l'intelligence), l'autre partie est privée de raison et éparse dans tout le corps (c'est sans doute le principe qui préside à l'ordre biologique, le principe dont parle Aristote quand il dit que, pour les Atomistes, les êtres vivants font exception en ce qu'ils ne sont pas produits par le hasard, mais par une sorte d'« intelligence » ; ce principe serait ainsi privé de raison – c'est-à-dire distinct d'une intelligence consciente – mais seulement organisateur et diffus dans tout le corps).

Comme les autres auteurs étudiés dans ce chapitre, et mieux qu'eux, Leucippe et Démocrite ont essayé de concilier la critique des Éléates et l'expérience courante du devenir. Le principe de cette conciliation est toujours d'envisager le devenir *dans* l'être, et non le devenir *de* l'être. Au contraire des précédents, ils ont admis l'existence du vide, et, de manière plus marquée que ne l'a fait Empédocle, ils ont opté pour une théorie mécanique, dépouillée de toute finalité. Ce qui leur vaut souvent d'être considérés comme les précurseurs antiques du matérialisme. Outre cette négation de la finalité, on remarquera que l'admission de l'existence du vide, aussi paradoxal que cela puisse paraître, conforte bien cette qualification de matérialiste. En effet, jusque-là, la notion de matière n'était pas saisie dans toute sa généralité ; le monde était encore une sorte de continu à la fois spatial et matériel ; il était plein ; l'espace et la matière n'étaient pas dissociés : il existait des corps et l'espace était le lieu de ces corps. En admettant le vide, et de plus en posant que les atomes sont tous faits de la même substance inaltérable et ne diffèrent que par la forme, les Atomistes séparent espace et matière (puisque'il existe un espace sans matière, un vide), et ils opposent ce vide à un plein (les

atomes) qui est d'une seule qualité (matérielle, opposée au vide) et qui est la substance. Les qualités sensibles des objets sont secondes et ne proviennent que de la combinaison des atomes selon certaines proportions et dans telles ou telles formes. C'est la répartition des particules de matière (différentes par leurs formes et grandeurs) et du vide au sein de l'espace qui constitue le monde ; les variations de cette répartition sont, elles, le devenir de ce monde ; le tout fonctionnant selon un principe purement mécanique.

La faiblesse du système de Démocrite réside en ce qu'il n'explique pas la connaissance elle-même (pas plus que ne le faisait celui d'Empédocle, alors que le *Nous* d'Anaxagore laissait la possibilité d'une connaissance du monde par la participation de l'âme de l'homme à cette intelligence ordonnatrice de l'univers). De fait, il semble que Démocrite ait eu vis-à-vis de la connaissance une attitude qui n'est pas très éloignée de celle des Sophistes, un scepticisme proche de celui de Protagoras. Les fragments 3 et 5 (encadré 160) expriment sa méfiance envers les sens : c'est que, dans sa théorie, les aspects sensibles des choses ne sont que la manière dont se manifeste la réalité insensible des atomes et de leurs combinaisons. Mais comment cette réalité insensible est-elle saisie ? Par la raison ? Dans le fragment 5, Démocrite fait ainsi parler les sens : « *Misérable raison, c'est de nous [les sens] que tu tires les éléments de ta croyance, et tu prétends nous réfuter. Tu te terrasses toi-même en prétendant nous réfuter.* »

CONCLUSION

Les Pluralistes (Anaxagore et Empédocle) et les Atomistes (Leucippe et Démocrite) diffèrent un peu des philosophes précédemment étudiés, en ce qu'ils ne sont déjà plus tout à fait des pères fondateurs. Ils ont derrière eux une tradition grecque, celle des trois grandes écoles (Milésiens, Pythagoriciens, Éléates) et des « indépendants » (Héraclite, Xénophane, Sophistes). Même lorsqu'ils sont contemporains de grands représentants de ces écoles (Anaxagore, Empédocle et Leucippe sont contemporains de Zénon, et guère plus jeunes que Parménide), ils se réfèrent à eux de manière très claire. Ils sont les premiers à avoir tenté une synthèse des écoles les ayant précédés. Une synthèse dans laquelle les différents courants sont inégalement représentés.

L'influence éléate est manifeste en ce que Pluralistes et Atomistes n'admettent ni naissance ni destruction, et qu'ils les remplacent par le mélange et la séparation d'éléments constitutifs dotés, eux, d'éternité. On retrouve cette influence éléate, mais aussi celle de Xénophane, dans la dévalorisation des données des sens (comme le dit Anaxagore : « *ce qui se montre est une vision de l'invisible* » ; la réalité est celle des éléments invisibles, les apparences ne sont que ce que nos sens saisissent des combinaisons de ces éléments ; une telle dévalorisation des données des sens n'a pas la même portée que celle des Éléates). L'influence des Milésiens se manifeste dans la préoccupation d'expliquer le devenir à partir d'un élément fondamental, une sorte de substrat, à la différence qu'ici on a multiplié ces éléments de base. L'influence pythagoricienne est la moins facilement décelable ;

sans doute parce que c'est contre elle que s'est élevée la critique éléate dont tiennent compte Pluralistes et Atomistes. Anaxagore et Démocrite ont une réputation de mathématiciens, mais les mathématiques n'apparaissent pas dans leurs physiques (à moins qu'on ne considère comme mathématique la conception des infiniment petits chez Anaxagore). Le seul à mettre un principe intelligent (et intelligible) « derrière » les choses est Anaxagore, mais son *Nous* doit plus au *Logos* d'Héraclite qu'au principe mathématique pythagoricien. Peut-être la conception particulière des Atomistes dérive-t-elle plus ou moins d'une forme de physique pythagoricienne où les choses sont assimilées à des nombres et où l'unité a une grandeur et une substance (mais il est possible que cette conception pythagoricienne soit, au contraire, tardive et inspirée de l'atomisme). Signalons enfin qu'on trouve, ici et là, chez les Pluralistes et les Atomistes, des détails (en astronomie ou en biologie) qui proviennent manifestement de l'une ou l'autre de ces trois écoles.

Chacune de ces écoles se continue plus ou moins bien ; les Milésiens, chez Diogène d'Apollonie par exemple ; les Eléates, chez les Sophistes (encore que ce soit souvent par un scepticisme qui ne figure pas chez Parménide) ; les Pythagoriciens chez Philolaos, Hippocrate de Chio, Archytas, etc., au moins en ce qui concerne les mathématiques.

En fait, ces écoles se survivent plutôt qu'elles ne se développent en tant qu'écoles. Leur synthèse, amorcée par les Pluralistes et les Atomistes, sera bientôt reprise et réalisée par Platon et Aristote, qui les relègueront au second plan et au rang de « précurseurs ». On en veut pour preuve la manière dont Aristote résume et analyse, dans le premier livre de sa *Métaphysique*, les conceptions de ceux qu'il appelle « les premiers philosophes » (quand ce n'est pas – déjà – « les anciens philosophes »).

Chapitre VI

*La collection hippocratique*¹

La vie est courte, l'art est long, l'occasion fugitive, l'expérience trompeuse, le jugement difficile. Il faut non seulement faire soi-même ce qui convient, mais encore que le malade, les assistants et les choses extérieures y concourent.

(HIPPOCRATE, *Aphorismes*, 1^{re} sect. 1)

LES ÉCOLES DE MÉDECINE EN GRÈCE

Comme en Mésopotamie et en Égypte, la médecine grecque a d'abord été comprise dans un cadre magico-religieux. Apollon puis Asclépios étaient les divinités qui présidaient à cet art exercé en leurs temples et par leurs prêtres. L'une des pratiques médicales les plus remarquables était l'*incubation* : après avoir effectué les purifications requises (jeûne, bain, etc.) et s'être acquitté des offrandes demandées, le malade passait la nuit dans le temple, aux pieds de la statue du dieu ; celui-ci lui apparaissait en rêve pendant son sommeil et lui indiquait le traitement approprié à sa maladie ; au réveil, le malade racontait le rêve aux prêtres qui, vraisemblablement après une interprétation assez large, appliquaient le dit traitement (en général un régime, des bains, des massages, ou autre traitement diététique ou hydrothérapique – ce type de soins était assez fréquent dans la Grèce antique, comme on va le voir).

Qu'ils aient ou non constitué de véritables écoles de médecine, ces temples ont accumulé et transmis un savoir médical. Et, bien que sa médecine fût parfaitement laïque, Hippocrate passait pour être de la famille des Asclépiades, et donc descendant du dieu de la médecine (la légende précise : le 19^e descendant d'Hercule et le 20^e d'Asclépios). Comme on ne pourra jamais démêler exactement les rapports entre la médecine des temples et celle d'Hippocrate, on peut toujours, en se fondant sur tel ou tel détail, se livrer à toutes les interprétations imaginables. Pour nous, nous admettrons simplement que la médecine magico-religieuse s'est laïcisée, d'abord par pur empirisme, puis avec Hippocrate par un empirisme rationalisé – sans qu'on puisse retracer exactement les voies par lesquelles cela s'est fait (la constatation que certaines pratiques thérapeutiques agissaient indépendamment de tout aspect religieux, la nécessité

de mettre en ordre et de classer ces pratiques, l'intervention de courants de pensée non médicaux – on trouve dans la collection hippocratique des traces de l'influence d'Anaximène, d'Empédocle, d'Anaxagore, par exemple –, des facteurs sociopolitiques comme une laïcisation de la vie sociale concomitante à la démocratisation, etc.). Le fait que la médecine est une technique plus qu'une science a certainement joué : il fallait un minimum d'efficacité.

Outre cette médecine religieuse, et peut-être dérivant d'elle, la Grèce a connu différentes écoles médicales. Chronologiquement, l'école de Crotone, l'école de Sicile, l'école de Cnide et celle de Cos (Hippocrate). Sans compter ici les médecins indépendants, dont une variété tardive : les médecins-sophistes. Il nous reste aussi un texte médical d'un disciple tardif de l'école de Milet, Diogène d'Apollonie : la description du système vasculaire (citée dans l'encadré 121 page 103).

Le fondateur et principal représentant de l'école de Crotone est Alcméon. Elle se rattache donc à l'école pythagoricienne. Parmi les disciples d'Alcméon, on connaît Timothée de Métaponte et surtout Démocède qui, selon Hérodote, fut le médecin du roi des Perses, Darius, et guérit la reine Atessa d'une tumeur à la poitrine. Pour l'étude des thèses de cette école, nous renvoyons à ce que nous avons dit d'Alcméon pages 232-237. Rappelons cependant que la santé y était définie comme une isonomie, un équilibre entre les éléments constitutifs du corps (classés en couples de contraires), et la maladie comme un déséquilibre entre ces éléments.

On retrouve cette thèse dans l'école de Sicile, dont le fondateur est Empédocle. Nous renvoyons à ce que nous avons dit sur la biologie de celui-ci, pages 332-336, pour plus de détails. Remarquons que cette école et celle de Crotone ne sont pas véritablement distinctes ; leurs tendances sont similaires, l'une prolongeant l'autre et la faisant évoluer. Parmi les disciples d'Empédocle, il y eut un médecin nommé Acron (dont l'acmé se situe vers 430 av. J.-C.), qui étudia l'influence des airs et vents sur la santé, et soigna les Athéniens lors de la peste de 425-420. Un autre disciple célèbre d'Empédocle fut le Sophiste Gorgias de Leontium, qui ne fut pas médecin lui-même, mais qui aurait été, d'après Suidas, le frère d'un médecin nommé Hérodicos.

Les deux autres écoles, Cnide et Cos, nous font quitter l'Italie du Sud et la Sicile, et nous amènent de l'autre côté du monde grec, sur la côte ionienne (l'île de Cos est juste en face du promontoire où se trouve la ville de Cnide, un peu au sud de Milet). Bien qu'on les oppose souvent, ces deux écoles sont au moins aussi proches l'une de l'autre que les thèses médicales d'Alcméon et d'Empédocle le sont entre elles.

162. LA VIE D'HIPPOCRATE

Hippocrate naquit dans l'île de Cos vers 460 av. J.-C., dans la famille des

Asclépiades (la tradition veut qu'il soit le descendant à la 20^e génération d'Asclépios). Il aurait étudié avec son père Héraclide ; peut-être entendit-il aussi Hérodocos à Cnide (et reçut-il une formation à Memphis en Égypte).

Il fit de nombreux voyages à travers toute la Grèce, pratiquant la médecine itinérante. Il connut notamment Démocrite lors de ses voyages.

De son vivant, sa renommée comme médecin était très grande et il fut très honoré en tant que tel. Le roi des Perses, Ataxerxès, lui proposa de devenir son médecin, mais il refusa.

Il aurait fondé son école à Cos vers 425, il y formait des disciples laïcs. Sur sa vieillesse, il en aurait laissé la direction à son gendre Polybe.

Il serait mort lors d'un voyage à Larisse, en Thessalie, à un âge très avancé (entre 90 et 100 ans).

L'école de Cnide aurait été fondée dans la première moitié du V^e siècle av. J.-C. par Euryphon et Hérodocos (le frère de Gorgias ?). Elle est donc un peu antérieure à Hippocrate (460-370) et à l'école de Cos dont il passe pour le fondateur ou, du moins, le membre qui lui donna toute son importance (un autre membre important fut Polybe, le gendre et successeur d'Hippocrate à Cos) encadré 162. Hippocrate reprochait aux Cnidiens un empirisme trop étroit, la reconnaissance d'un trop grand nombre de maladies (3 tétanos, 3 phtisies, 4 ictères, etc.) du fait de la prise en considération non sélective de trop de détails dans la description des symptômes, un usage trop exclusif de la purgation et du lait et petit-lait. Malgré ces différences certaines dans la pratique médicale proprement dite, il ne semble pas que les théories médicales des deux écoles aient été fondamentalement différentes : on y trouve des humeurs (4 en général, mais ce nombre peut varier : sang, phlegme ou pituite, bile jaune, bile noire) qui sont en équilibre dans l'état de santé, et en déséquilibre lors de la maladie ; ce qui montre une certaine unité des thèses médicales grecques puisque des notions comparables figuraient déjà chez Alcmeon et Empédocle.

Nous ne chercherons pas ici à mettre en évidence telle ou telle relation historique entre les différentes écoles, pas plus qu'à les opposer les unes aux autres. Nous présenterons simplement ce qui est le plus important ensemble de textes médicaux de l'Antiquité grecque, et même de toute l'Antiquité : la collection hippocratique. C'est, nous semble-t-il, la meilleure manière d'explicitier ce qu'était la médecine grecque de cette époque. Que ces connaissances soient à attribuer à tel ou tel médecin, à telle ou telle école, est certes très important pour l'histoire des idées ; mais les renseignements dont on peut disposer sont tellement fragmentaires et sont passés par tant d'intermédiaires au cours des temps, que chacun d'eux devrait être accompagné d'un appareil critique beaucoup trop spécialisé et volumineux pour un tel ouvrage.

La collection hippocratique est composée d'une soixantaine de traités (plus ou moins, selon la manière dont on regroupe les différents textes entre eux). L'encadré 163 donne les titres et un bref résumé de l'argument de chacun d'eux, d'après l'édition et la traduction qu'en a faites Émile Littré au milieu du XIX^e siècle.

Quoique pendant des siècles ils aient été attribués à Hippocrate lui-même, ces traités ne sont pas tous d'un même auteur. L'encadré indique ceux que E. Littré attribue soit à Hippocrate lui-même, soit à son gendre Polybe, soit à des médecins appartenant à l'école de Cos (c'est quand même l'essentiel de la collection).

Ces traités sont de longueurs inégales (l'équivalent d'une page imprimée pour le traité *De l'anatomie*, plus de deux cents pour l'ensemble des traités *Des maladies des femmes* et *Des femmes stériles*). Ils sont de formes diverses (par exemple, simples recueils de notes comme le traité *Des épidémies*, vastes ouvrages sur un thème donné comme les traités *Des maladies des femmes* et *Des femmes stériles*, abrégés comme le traité *Du Mochlique*, ouvrages de médecine populaire comme le traité *Des affections*, traités de physiologie comme *De la nature de l'homme*). Ils se contredisent parfois (ainsi le traité *Des vents* et le traité *De l'ancienne médecine* : le premier donne une cause unique à toutes les maladies, l'air, conception que critique expressément le second).

Du fait de sa longueur (l'édition Littré comprend dix forts volumes) et de sa variété, la collection hippocratique est très difficile à débroussailler. Ici, nous ne chercherons pas à entrer dans le détail de ces questions. Puisqu'on admet en général que ces textes datent pour la plupart de la période comprise entre 450 et 350 (ce qui fait que certains sont un peu antérieurs et d'autres un peu postérieurs à Hippocrate lui-même), nous considérerons qu'ils sont représentatifs de la médecine grecque de cette période, avec ses contradictions, ses courants différents et concurrents.

163. LA COLLECTION HIPPOCRATIQUE

(Réf. : Littré)

(H) : attribué à Hippocrate par E. Littré

(P) : attribué à Polybe par E. Littré

(E) : attribué à un autre médecin de l'école de Cos par E. Littré

De l'ancienne médecine (H) : Polémique contre les médecins qui construisent des systèmes *a priori*. Nécessité d'un empirisme raisonné. La santé est un juste mélange des humeurs ; la maladie une inégalité entre ces humeurs.

Des airs, des eaux et des lieux (H) : Influence sur la santé et les maladies de l'exposition des villes par rapport au Soleil et aux vents, de la qualité des eaux, des saisons.

Du pronostic (H) : Concerne en fait la manière dont il convient d'examiner le malade, la valeur réciproque des symptômes, la manière de juger du cours de la maladie, etc.

Du régime dans les maladies aiguës. Appendice au traité du régime dans les maladies aiguës (E) : Quel régime alimentaire donner dans différentes maladies aiguës (contient la critique des médecins cniidiens). L'appendice est composé de fragments juxtaposés.

Épidémies : N.B. : ne concerne pas les épidémies au sens moderne du mot. *Epidemos* signifie en grec « qui va ça et là, qui circule parmi le peuple » ; il s'agit ici de notes prises par les médecins lors de leurs voyages (médecine itinérante).

Les traités des *Épidémies* comptent 7 livres :

– *Livres I et III* (H) : Les mieux construits. Recueils d'observations sur la situation sanitaire de régions données en fonction de la saison et des conditions atmosphériques. Contient aussi l'exposé de différents cas de maladies chez tel et tel individu.

– *Livres II, IV, V, VI et VII* : Notes sans rédaction définitive sur des sujets très divers (différentes maladies selon la saison, exposés de cas particuliers, etc.)

Des plaies de la tête (H) : Description du crâne et de ses sutures. Les différentes sortes de blessures à la tête, leur examen, le pronostic, les traitements.

De l'officine du médecin : Conseils sur la disposition de l'officine du médecin. Manière de mettre les pansements (avec description des différentes pièces de ceux-ci), de réduire les fractures.

Des fractures (H) : Réduction et bandage des fractures et des luxations, de manière générale et selon leurs localisations.

Des articulations (H) : Soins à donner dans diverses luxations, fractures, déplacements de vertèbres, pied bot, amputations accidentelles d'un membre.

Mochlique (H ?) : Abrégé des deux traités précédents, avec un résumé des notions anatomiques correspondantes.

Aphorismes (H) : Recueils (7 sections) de propositions traitant de sujets très variés, sans relations les unes avec les autres.

Serment (H) : Serment de déontologie, voir son texte dans l'encadré 164.

De la loi (H) : Conditions nécessaires pour être médecin (enseignement, déontologie).

Des humeurs : Suite de remarques détachées en rapport avec la théorie hippocratique (crase, crise, mouvements des humeurs, ...).

Prénotions coaques (c.à.d. « de Cos ») : Suite de propositions détachées très diverses. Antérieur à Hippocrate.

Prorrhétique : antérieur à Hippocrate.

– *Livre I* : Série de propositions isolées (figurant déjà presque toutes dans les *Prénotions coaques*).

– *Livre II* : Critiques sur la prétendue exactitude des diagnostics. Remarques

sur différentes maladies, leurs diagnostics, leurs pronostics.

De l'art (E) : Traité polémique, combattant ceux qui prétendent que la médecine n'existe pas et que ses résultats ne sont dus qu'au hasard.

De la nature de l'homme (P) : Exposé de la théorie des quatre humeurs. Contient aussi une description du système veineux.

Des vents (H ?, E ?) : Discours sophistique cherchant à montrer que la cause des maladies est l'air, spécialement l'air qui est dans le corps (à rapprocher des théories d'Anaximène et de Diogène d'Apollonie).

De l'usage des liquides : Usage de l'eau douce, de l'eau de mer, du vin, du vinaigre, chauds et froids. (Sans doute le résumé d'un ouvrage plus important qui a disparu.)

Des maladies : 4 livres.

– *Livre I* (E) : Idées générales sur les issues des maladies, sur la manière de traiter.

– *Livres II et III* (E) : Exposés de diverses maladies et de leurs traitements. Ces deux livres ont sans doute une origine cniidienne.

– *Livre IV* : Voir un peu plus loin dans la collection.

Des affections internes : Comme les livres II et III du précédent.

Des affections (E) : Traité de médecine populaire (explication simple de la théorie médicale).

Des lieux dans l'homme (E) : Traité théorique. Contient une anatomie sommaire.

De la maladie sacrée (E) : Toutes les maladies, y compris la maladie sacrée (épilepsie) ont des causes naturelles. La fonction intellectuelle et morale se situe dans le cerveau (et non dans la poitrine).

Des plaies (E) : Comme le titre l'indique.

Des hémorroïdes (E) : Comme le titre l'indique.

Des fistules (E) : Comme le titre l'indique.

Du régime (E) : 4 livres.

– *Livre I* : Rapport alimentation/exercice physique. Ce livre contient aussi une théorie où il est dit que les animaux sont composés de feu et d'eau, que la nutrition se fait parce que les aliments contiennent des parties de tout ce qu'il y a dans le corps, que rien ne naît et rien ne meurt (influence vraisemblable d'Anaxagore).

– *Livre II* : Importance de la contrée, des vents, aliments, boissons, bains, etc.

– *Livre III* : Les signes de rupture de l'équilibre entre l'alimentation et l'exercice.

– *Livre IV (Livre des Songes)* : Il y a des songes d'origine divine et d'autres d'origine corporelle, les premiers relèvent du devin, les seconds du médecin (comparer à l'ancienne coutume de l'incubation du malade dans le temple, aux pieds de la statue du dieu qui lui envoie un songe où son traitement est indiqué).

***De la génération
De la nature de l'enfant
Des maladies, livre IV***

**Traité de physiologie expliquant la
formation de l'être vivant et la cause
des maladies (théorie des humeurs).**

Du fœtus de 7 mois. Du fœtus de 8 mois (E) : Tentative d'explication de ce que le prématuré de 7 mois peut vivre, mais pas celui de 8 mois (?). C'est la fin du 9^e mois qui est le terme normal de la grossesse. Douleur et difficulté de l'accouchement pour le fœtus.

Des maladies des femmes (2 livres). *Des femmes stériles* : Traité gynécologique. Contient notamment la théorie de l'hystérie liée aux déplacements de l'utérus. Le second traité étudie les différentes causes de la stérilité et leurs remèdes.

De la nature de la femme : Traité gynécologique ; condensé du traité *Des maladies des femmes*.

Des maladies des jeunes filles : Hystérie, épilepsie, etc. chez les jeunes filles à la puberté.

De la superfétation : Extraits des traités *Des maladies des femmes* et *Des femmes stériles*, plus un passage sur la superfétation.

De l'excision du fœtus : Extraction, par découpage, du fœtus mort.

De l'anatomie : Très brève énumération des différentes parties internes du tronc.

De la dentition : La dentition chez les enfants, les maladies inhérentes.

Des glandes : Amygdale, ganglions lymphatiques du cou, des aisselles, de l'aîne, ganglions mésentériques, reins, seins, cerveau.

Des chairs : Sorte de traité de physiologie théorique accordant une grande importance au nombre 7.

Des semaines : Importance du nombre 7 dans la constitution du monde et de l'homme.

Du cœur : Anatomie (assez bonne) et physiologie (fausse) du cœur (ici c'est le ventricule gauche qui est le siège de l'intelligence, ce n'est plus le cerveau comme dans le traité *De la maladie sacrée*).

Du régime salubre (P) : Traité de diététique (différents régimes selon les cas, les saisons, les âges, les activités, pour grossir, pour maigrir, ...).

De l'aliment : Physiologie de la nutrition (les veines, par le foie, portent partout les aliments ; les artères, par le cœur, portent partout l'air de la respiration – rien n'est dit sur l'interaction entre l'air et les aliments ; N.B. : artères, trachée-artère, bronches sont plus ou moins confondues entre elles en une seule classe opposée aux veines – structures différentes, observation que les artères sont pleines d'air dans les cadavres, et les veines pleines de sang).

De la vision : Différentes maladies des yeux, et leurs traitements.

De la nature des os : Traité anatomique (os et divers organes, spécialement les veines).

Du médecin : Généralités sur l'instruction et le comportement que doit avoir le

médecin. Conseils généraux pratiques (pansements, saignées, cautérisations, ventouses, etc.).

De la bienséance : Recommandations diverses aux médecins.

Préceptes : Principes généraux de la médecine : l'expérience raisonnée. Déontologie.

Des crises. Des jours critiques : Compilations de sentences diverses provenant d'autres traités.

Lettres, discours, décrets : Divers textes de cette nature, attribués à Hippocrate ou en rapport avec lui, achèvent l'édition de la collection par E. Littré.

ORIENTATION GÉNÉRALE DE LA MÉDECINE HIPPOCRATIQUE

La première caractéristique de la médecine hippocratique est sa laïcité : elle est totalement indépendante de la religion et de la magie. Les médecins ne sont plus des prêtres, intercédant auprès de la divinité et vivant d'offrandes, mais des hommes exerçant un métier et rétribués pour cet exercice (par le malade ou par la cité). La médecine n'est plus un sacerdoce, mais une technique et un art. Les causes des maladies n'ont plus rien de surnaturel, même celles de la maladie sacrée (épilepsie) et des maladies mentales. On ne trouve guère que certains rêves à qui l'on reconnaît une origine divine (les autres sont dits avoir une origine corporelle), mais le traité *Des songes* précise aussitôt que ces songes divins relèvent du devin et non pas du médecin (on est loin de la pratique de l'incubation où le dieu apparaissait en rêve au malade pour lui révéler son traitement).

Comme les causes, les remèdes préconisés sont tous naturels ; on n'y trouve aucune incantation, aucun exorcisme, ou autres procédés analogues. Outre les traitements chirurgicaux, la médecine hippocratique a recours à diverses substances minérales, végétales, animales, sous formes de potions, d'onguents, de cataplasmes, etc., à des régimes alimentaires, des bains, des massages, etc. On y reviendra plus en détail par la suite.

Sous-jacents à cette laïcisation (sans qu'on puisse dire s'ils en sont la cause ou l'effet), il y a les principes mêmes de la pratique médicale. D'une part, Hippocrate critique en médecine le rationalisme *a priori* : on ne peut comprendre les maladies et, *a fortiori*, les soigner en se donnant un principe *a priori* et en construisant à partir de lui un système par un pur raisonnement (ce que fait, par exemple, l'auteur du traité *Des vents* en posant l'air comme principe et en établissant un système *a priori* se fondant sur lui pour expliquer toutes les maladies). Mais il ne faut pas non plus tomber dans l'extrême opposé, un pur empirisme. Hippocrate reproche ainsi aux médecins cniidiens (*Anc. Méd.*) de trop suivre les données de l'observation, et d'admettre un trop grand nombre de maladies, car ils ne discriminent pas ce qui, dans les symptômes, est véritablement signifiant et ce qui est subalterne (ce qui relève du cas individuel plutôt que de la maladie en tant qu'entité pathologique).

S'il ne faut pas raisonner *a priori* dans le vide, ni suivre de trop près les données immédiates de l'expérience, il faut raisonner sur l'expérience :

Celui qui sait cela doit, pour pratiquer la médecine, s'attacher non pas seulement à la probabilité du raisonnement, mais à l'expérience raisonnée. Le raisonnement est une sorte de mémoire synthétique de ce qui a été perçu par la sensibilité. La sensibilité, affectée d'abord et messagère des objets pour l'intelligence, a une claire représentation ; la raison, recevant souvent, observant par quoi, quand et de quelle façon, et mettant en réserve dans elle-même, se ressouvient. Je loue donc aussi le raisonnement, s'il prend son point de départ dans l'occurrence et conduit la déduction d'après les phénomènes. Car si le raisonnement prend son point de départ dans ce qui se fait manifestement, il se trouve être dans le domaine de l'intelligence, qui, elle, reçoit des autres chaque chose. Il faut donc croire que la nature est mue et enseignée par les choses nombreuses et diverses, sous l'action d'une force nécessaire. L'intelligence, prenant à elle, comme je l'ai dit, finit par conduire à la vérité. Mais si elle part non d'une direction manifeste mais d'une construction probable, elle se jette souvent dans une condition difficile et douloureuse. [...] Le fait est qu'on tirera parti non de ce qui s'opère par le raisonnement seul, mais de ce qui s'opère par démonstration d'œuvre ; car l'affirmation qui est en paroles est glissante et faillible. Aussi en général, il faut se tenir à ce qui est et s'y attacher sans réserve, si l'on veut obtenir cette aptitude facile et sûre que nous nommons médecine. (*Préceptes*)

Une bonne illustration de cet empirisme rationalisé est la manière dont les traités hippocratiques préconisent d'examiner le malade, d'établir le diagnostic et d'évaluer le pronostic :

Savoir que les jugements se font par les yeux, les oreilles, le nez, la main, et les autres moyens par lesquels nous connaissons. Le malade, l'opérateur, celui-ci ou palpant, ou flairant, ou goûtant. À remarquer aussi : cheveux, couleur, peau, veines, parties nerveuses, muscles, chairs, os, moelle, [...] tremblements, spasmes, hoquets, ce qui est relatif à la respiration, déjections ; moyens par lesquels nous connaissons. (*Épidémies IV – il faut se rappeler que ce livre des Épidémies est un recueil de notes sans rédaction*).

Faire le résumé du mode de production, du point de départ, de discours multipliés et d'explorations minutieuses, et reconnaître les concordances des symptômes entre eux, puis derechef les discordances entre ces concordances, enfin les nouvelles concordances entre ces discordances, jusqu'à ce que des discordances résulte une concordance seule et unique ; telle est la méthode ; de cette façon on vérifiera une appréciation exacte, et on trouvera le défaut d'une appréciation vicieuse. [...] Ne rien faire au hasard, ne rien manquer à observer. Amener les contraires par gradation, et, dans cette gradation, mettre des intermissions. (*Épidémies IV*)

Examiner la constitution de la maladie d'après les premières excréctions ; examiner comment sont les urines, quel est l'affaiblissement du corps, le changement de couleur, la diminution de la respiration et tout le reste successivement. Il faut savoir si les évacuations sont semblables (*à ce qu'elles sont dans l'état de santé*) : les déjections, l'urine, les menstrues, les crachats, les mucosités nasales, la vue, la sueur, les matières fournies par les abcès, par les blessures, par les éruptions ; ce que produit le bénéfice de la nature ou celui de l'art. (*Des humeurs*)

Dans les maladies aiguës, le médecin fera les observations suivantes : il examinera d'abord le visage du malade, et verra si la physionomie est semblable à celle des gens en santé, mais surtout si elle est semblable à elle-même (*c. -à-d. à ce qu'elle est quand le patient est en santé*).

Ce serait l'apparence la plus favorable, et plus elle s'en éloignera, plus le danger sera grand. Les traits ont atteint le dernier degré d'altération quand le nez est effilé, les yeux enfoncés, les tempes affaissées, les oreilles froides et contractées, les lobes des oreilles écartés, la peau du front sèche, tendue et aride, la peau de toute la face jaune ou noire, ou livide, ou plombée. [...] Si les yeux fuient la lumière, s'ils se remplissent involontairement de larmes, s'ils s'écartent de leur axe, si l'un devient plus petit que l'autre ; si le blanc se colore en rouge, s'il y paraît des veinules livides ou noires, s'il se montre de la chassie autour de la prunelle, [...] ; si les prunelles sont desséchées et ternes, ou si la coloration de tout le visage est altérée, l'ensemble de ces signes est mauvais et de funeste augure. (*Suit la description de la position où l'on trouve couché le malade, de ses attitudes, de la température de ses différentes parties, la description des états normaux et pathologiques dans les mouvements des mains, la sueur, l'hypocondre, le sommeil, les selles, l'urine, etc.*) (*Du pronostic*)

On voit d'après ces citations que ce qui est recommandé est l'examen total du malade, de son état général aussi bien que des symptômes particuliers. Que l'on doit rapporter des observations entre elles, comparer à l'état de santé, etc. Lorsque l'observation directe ne permet pas de conclure immédiatement, il faut employer des moyens détournés ; ainsi, dans la citation suivante, il s'agit de rechercher si une blessure à la tête a ou non entraîné une fracture du crâne (N.B. : la rugine, dont il y est question, est un instrument de chirurgie pour râcler l'os) :

... si vous ne reconnaissez pas que l'os ait été fracturé ou contus, ou fracturé et contus. et que malgré vos efforts vous ne puissiez rien voir, il faut, versant sur l'os la substance soluble la plus noire, oindre la plaie avec le médicament noir, qui est soluble ; après quoi, on placera un linge humecté d'huile ; ensuite on appliquera un cataplasme de pâte d'orge, et le bandage. Le lendemain, on lèvera l'appareil, on nettoiera la plaie, et l'on ruginera. Si, au lieu d'être intact, l'os est fracturé et contus, toute la partie saine restera blanche sous la rugine ; mais la fracture et la contusion, ayant été pénétrées par le médicament qui s'est fondu et qui est noir, présenteront une couleur noire au milieu du reste de l'os, qui sera blanc. Derechef on ruginera en profondeur cette fracture qui se montre noire ; et, si la rugine l'enlève et la fait disparaître, vous avez affaire à une contusion plus ou moins forte de l'os, laquelle avait en même temps produit la fissure que la rugine a effacée. Mais la fracture même qui s'enlève ainsi excitera moins de crainte et causera moins d'embarras. Si au contraire elle s'étend en profondeur et ne veut pas s'effacer sous la rugine, un tel accident réclame le trépan. (*Des plaies de la tête*)

Ces observations sont utilisées non seulement pour le diagnostic, mais aussi pour évaluer l'évolution de la maladie, ce qui est bon ou mauvais signe dans cette évolution :

Voici, le cas échéant, des conséquences inévitables : dans les plaies, la lésion des grosses parties nerveuses estropie, ainsi que la lésion des têtes de muscles, surtout aux cuisses ; on meurt si on est blessé à l'encéphale, à la moelle épinière, dans le foie, dans le diaphragme, à la vessie, ou dans une veine à hémorragie, ou au cœur ; on ne meurt pas quand on est blessé en des parties où ne sont pas ces organes, mais qui en sont le plus loin. Quant aux maladies, la

mort est inévitable lorsqu'on est affecté de phthisie, d'hydropisie anasarque, quand une femme enceinte est prise de péripneumonie, de causus, de pleurésie, de phrénitis, ou d'érysipèle de la matrice. Il y a doute pour la vie ou la mort dans la péripneumonie, le causus, la phrénitis, la pleurésie. [...] Ne sont pas mortelles, à moins de quelques complications : les fluxions aux parties inférieures, la mélancolie, la podagre, la coxalgie, le ténésme [...] ; mais elles laissent fréquemment des lésions permanentes : résolution des pieds et des mains, impuissance de la voix, paralysie par l'effet de la bile noire, claudication par suite de coxalgie, perte de la vue et de l'ouïe par des dépôts de pituite. [...]

Nécessairement un mal sera suivi d'un mal, en ces cas : si le frisson vient, la fièvre surviendra ; une partie nerveuse, tranchée, amène le spasme ; une partie nerveuse tranchée ne se réunit pas, et elle cause une violente inflammation ; quand le cerveau éprouve une commotion et souffre d'un coup, nécessairement le blessé perd la parole, et ne voit ni entend ; si le cerveau reçoit une blessure, il survient de la fièvre, des vomissements de bile, et la paralysie de quelque partie du corps, et le blessé succombe ; l'épiploon, quand il fait issue au-dehors, tombe nécessairement en pourriture ; du sang qui, d'une plaie ou d'une veine, s'épanche dans le ventre supérieur (*c.-à-d. la poitrine*) devient nécessairement du pus.

Il est mauvais que, dans une pleurésie ou une péripneumonie ou un empyème, le ventre se déränge ; mais chez un fébricitant ou un blessé la constipation ne vaut rien. Dans l'hydropisie, dans l'affection de la rate, dans la leucophlegmasie, une violente diarrhée est avantageuse. Il est fâcheux qu'un érysipèle répandu au-dehors rentre en dedans, mais avantageux que du dedans il vienne au-dehors. Le vomissement qui survient dans une forte diarrhée est favorable... (*Des maladies, Livre I*)

Tout ceci nécessite que les observations soient soigneusement notées, collectées et comparées, de sorte que soient dégagés les principes régissant l'évolution des maladies, les lois permettant d'établir un diagnostic et un pronostic à partir des symptômes. Ce qui a sans doute été fait dans les temples et qui a été poursuivi de manière élaborée par l'école de Cos. Les *Épidémies* sont des recueils de telles observations de cas. En voici quelques-unes, choisies parmi les plus courtes (il en existe de bien plus détaillées – voir aussi les encadrés 166 et 168 pages 398 et 412, consacrés à l'empyème et à la trépanation) :

Méton fut pris d'une forte fièvre avec une pesanteur douloureuse dans les lombes. Le second jour, ayant bu beaucoup d'eau, il eut une bonne évacuation alvine. Troisième jour, pesanteur de tête, selles ténues, bilieuses, rougeâtres. Quatrième jour, tout s'aggrava ; il eut, de la narine droite, deux fois une petite épitaxis ; la nuit fut pénible ; les selles furent semblables à celles du troisième jour ; les urines furent noirâtres, elles présentèrent un nuage noirâtre et dispersé ; elles ne déposèrent pas. Le cinquième jour, abondant écoulement d'un sang pur de la narine gauche ; le malade sua. ce fut une crise ; mais après la crise, il eut de l'insomnie, du délire, des urines ténues, noirâtres. On lui administra des affusions tièdes sur la tête ; il dormit, il revint à lui ; chez ce malade, il n'y eut point de récurrence mais il eut plusieurs épitaxis après la crise. (*Épidémies, Livre I*)

Le surveillant du grand navire qui eut le doigt indicateur (*index*) et l'os de la main droite écrasés par l'ancre, fut pris d'inflammation, de sphacèle et de fièvre. Il fut purgé modérément le cinquième jour ; la chaleur et la douleur diminuèrent, une petite portion de doigt se sépara. Après le septième jour il sortait une humeur passable ; ensuite il se plaignit de sa langue, disant ne pas pouvoir tout articuler ; pronostic : opisthotonos (*tétanos*). Les mâchoires serrées se joignaient l'une contre l'autre ; puis le cou fut pris ; le troisième jour, le corps tout entier

était contracté en arrière avec sueur. Le sixième jour après le pronostic, il mourut. (*Épidémies, Livre VII*)

Non seulement ces traités des *Épidémies* relatent des cas particuliers, mais ils établissent de véritables bilans sanitaires de régions données, en fonction notamment des conditions atmosphériques :

Dans l'île de Thasos, durant l'automne, vers l'équinoxe et pendant que les Pléiades furent sur l'horizon (*c.-à-d., pour Thasos, environ cinquante jours après l'équinoxe d'automne*), pluies abondantes, doucement continues, avec des vents du midi ; hiver austral, petits vents du Nord. sécheresse ; en somme tout l'hiver eut une apparence de printemps. Le printemps, à son tour, eut des vents du midi, des fraîcheurs et de petites pluies. L'été fut en général nuageux et sans eau, les vents étiéniens ne soufflèrent que peu, avec peu de force et sans régularité. Toutes les circonstances atmosphériques ayant été australes et avec sécheresse, un intervalle où la constitution fut contraire et boréale, au début du printemps, fit naître quelques casus ; ces fièvres furent généralement modérées ; il y eut peu d'hémorragies nasales, et aucun malade ne mourut. Il se forma des oreillons chez plusieurs d'un seul côté, chez le plus grand nombre des deux côtés, mais sans que le malade eût de la fièvre et fût obligé de s'aliter ; quelques-uns cependant eurent un peu de chaleur ; ces tumeurs se dissipèrent chez tous sans accidents ; aucune ne suppura, ainsi que cela arrive aux tumeurs nées d'une autre cause. Voici quels en étaient les caractères : elles étaient molles, grandes, diffuses, sans inflammation, sans douleur ; elles disparurent chez tous sans aucun signe. Elles se manifestèrent chez des adolescents, chez des hommes dans la fleur de l'âge, surtout chez ceux qui se livraient aux exercices gymnastiques de la palestra ; peu de femmes en furent atteintes. La plupart des malades avaient des toux sèches ; ils toussaient et n'expectoraient rien ; et la voix devenait rauque. Chez quelques-uns bientôt, chez d'autres plus tard, il se formait une inflammation douloureuse du testicule, tantôt d'un seul côté, tantôt des deux ; les uns avaient de la fièvre, les autres n'en avaient point ; la plupart en souffraient beaucoup. Du reste, les Thasiens ne vinrent pas chercher de secours dans l'officine du médecin. (*Épidémies, Livre I*)

De tels bilans sanitaires servent, avec les descriptions de cas particuliers, à évaluer la probabilité d'apparition de telle ou telle maladie selon la saison, le climat, l'âge de l'individu, sa constitution, son type d'activité, etc. :

Quant aux saisons, pendant le printemps et le commencement de l'été, les enfants, et ceux qui approchent le plus de cet âge, vont le mieux et jouissent de la meilleure santé ; pendant l'été et, en partie, l'automne, les vieillards ; pendant le reste de l'automne et l'hiver, les âges intermédiaires.

Toutes les maladies naissent dans toutes les saisons ; mais certaines, en certaines saisons, naissent et s'exaspèrent de préférence.

En effet, dans le printemps règnent les affections maniaques, mélancoliques, épileptiques ; des hémorragies, des angines, des coryzas, [...], des furoncles et des affections arthritiques.

En été règnent quelques-unes des maladies précédentes, et de plus des fièvres continues, des casus, beaucoup de fièvres tierces, des vomissements, [...].

En automne, beaucoup des maladies de l'été, et des fièvres quarts, des fièvres erratiques,

des engorgements de la rate, des hydropisies, [...], les affections maniaques et les affections mélancoliques.

En hiver, des pleurésies, des péripneumonies, des coryzas, des enrouements, des toux, [...].

Voici ce qui arrive suivant les âges : chez les enfants petits et nouveau-nés, des aphtes, des vomissements, des toux, des insomnies, des terreurs, des inflammations de l'ombilic, des suintements d'oreilles.

À l'approche de la dentition, des inquiétudes des gencives, des fièvres, des convulsions, des diarrhées, surtout pendant la sortie des dents canines, et chez les gros enfants ainsi que chez ceux dont le ventre est resserré.

À un âge un peu plus avancé, des amygdalites, des luxations en avant de la vertèbre de la nuque, des asthmes, des calculs, des lombrics, des ascarides, [...].

À un âge plus avancé encore et à l'approche de la puberté, beaucoup des maladies précédentes, de plus des fièvres longues surtout et des épitaxis.

La plupart des maladies, chez les enfants, se jugent, les unes en quarante jours, les autres en sept mois, d'autres en sept années, d'autres, enfin, à l'approche de la puberté ; mais celles qui persistent et qui ne disparaissent pas chez les garçons à la puberté, chez les filles à l'époque de la menstruation, se prolongent d'ordinaire indéfiniment.

Chez les jeunes gens (de 21 ans à 25), des hémoptysies, des phtisies, des fièvres aiguës, des épilepsies et les autres maladies, mais surtout les précédentes.

Chez les individus qui ont passé cet âge, des asthmes, des pleurésies, des péripneumonies, des léthargus, [...].

Chez les personnes âgées, des dyspnées, des catarrhes accompagnés de toux, des stranguries, des dysuries, des douleurs articulaires, [...] des cataractes, des duretés de l'ouïe. (*Aphorismes, 3^e section, n° 18 à 31*)

On peut évidemment discuter tel ou tel point, contester sa valeur scientifique ; il n'en reste pas moins vrai que l'orientation générale de la médecine hippocratique est ici très proche, dans sa méthode sinon dans le détail de son application, de ce qui est aujourd'hui la médecine scientifique. L'une des causes reconnues des maladies réside manifestement dans les facteurs externes tels que le climat et les conditions atmosphériques : le médecin doit donc considérer le malade dans son environnement, et non pas de manière isolée. Aussi :

Celui qui veut approfondir la médecine doit faire ce qui suit : Il considérera d'abord les saisons de l'année et l'influence respective que chacune d'elles exerce ; car, non seulement elles ne se ressemblent pas l'une l'autre, mais encore dans chacune d'elles les vicissitudes apportent de notables différences ; puis il examinera quels sont les vents chauds et froids, surtout ceux qui sont communs à tous les pays, ensuite ceux qui sont propres à chaque localité. Il est nécessaire de connaître aussi la qualité des eaux, qui, si elles diffèrent par la saveur et par le poids, ne diffèrent pas moins par leurs propriétés. Donc, lorsqu'un médecin arrive dans une ville à lui inconnue, il en observera la situation et les rapports avec les vents et avec le lever du soleil, car les mêmes effets ne sont pas produits par une exposition au Nord, ou au Midi, ou au Levant, ou au Couchant. Il acquerra des notions très précises sur la nature des eaux dont les habitants font usages, si elles sont lacustres et molles, ou dures et sortant de lieux élevés et rocaillieux, ou crues et saumâtres ; il étudiera les divers états du sol, qui est tantôt nu et sec, et tantôt boisé et arrosé, tantôt bas et brûlé de chaleurs étouffantes, tantôt haut et froid. Il reconnaîtra le genre de vie des habitants, qui sont ou amis du vin, de la bonne chère et du repos, ou laborieux, adonnés aux exercices du corps, mangeant beaucoup et buvant peu. (*Des airs, des eaux et des lieux*)

164. LA DÉONTOLOGIE, LE SERMENT

Outre les orientations générales de laïcité et d'empirisme raisonné, le médecin hippocratique inclut dans sa pratique des principes éthiques et déontologiques. Nous donnons ci-dessous le texte du serment hippocratique (remarquer dans celui-ci la curieuse restriction concernant l'opération de la taille, c'est-à-dire l'extraction des calculs de la vessie ; certains pensent que c'est en raison des dangers d'une telle opération ; d'autres, qu'il s'agit d'une erreur de transcription : « taille » au lieu de « castration »), Il y a dans la collection d'autres textes précisant le comportement que doit avoir le médecin vis-à-vis de son malade (soit dans des traités purement déontologiques, soit dans des remarques parsemant les traités techniques). Il faut respecter la pudeur du malade, ne pas lui demander dès l'abord des honoraires, il ne faut pas que ces honoraires soient trop élevés, il faut même soigner gratuitement les pauvres, il faut veiller à ce que le traitement ne laisse pas de séquelles (par exemple, bien réduire les fractures de la jambe, afin que le malade ne reste pas boiteux), etc. Si un tel serment a pu être, à l'origine, une garantie du malade contre la puissance du médecin (encore proche du magicien dans l'imaginaire populaire), ce n'est plus le cas à l'époque d'Hippocrate où il semble qu'aient déjà été élaborées une éthique et une déontologie médicales.

Serment

Je jure par Apollon, médecin, par Asclépios, par Hygie et Panacée, par tous les dieux et toutes les déesses, les prenant à témoin que je remplirai, suivant mes forces et ma capacité, le serment suivant : Je mettrai mon maître en médecine au même rang que les auteurs de mes jours, je partagerai avec lui mon avoir, et, le cas échéant, je pourvoirai à ses besoins ; je tiendrai ses enfants pour des frères, et, s'ils désirent apprendre la médecine, je la leur enseignerai sans salaire ni engagement. Je ferai part des préceptes, des leçons orales et du reste de l'enseignement à mes fils, à ceux de mon maître, et aux disciples liés par un engagement et un serment suivant la loi médicale, mais à nul autre. Je dirigerai le régime des malades à leur avantage, suivant mes forces et mon jugement, et je m'abstiendrai de tout mal et de toute injustice. Je ne remettrai à personne du poison, si on m'en demande, ni ne prendrai l'initiative d'une pareille suggestion ; semblablement, je ne remettrai à aucune femme un pessaire abortif. Je passerai ma vie et j'exercerai mon art dans l'innocence et la pureté. Je ne pratiquerai pas l'opération de la taille, je la laisserai aux gens qui s'en occupent. Dans quelque maison que j'entre, j'y entrerai pour l'utilité des malades, me préservant de tout méfait volontaire et corrupteur, et surtout de la séduction des femmes et des garçons, libres ou esclaves. Quoi que je voie ou entende dans la société pendant l'exercice de ma profession, je tairai ce qui n'a

jamais besoin d'être divulgué, regardant la discrétion comme un devoir en pareil cas. Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes ; si je le viole et me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Le médecin hippocratique doit être un « savant universel », mais aussi un « honnête homme » (encadré 164). Pour comprendre la maladie et la soigner, il faut connaître le « tout » : les lieux et leur exposition, le climat, la saison, les eaux, les vents, l'âge du malade, sa constitution, son type d'activité, de régime alimentaire, sans oublier les conditions de déclenchement de la maladie, l'observation minutieuse de tous les symptômes et de l'état général du malade ; il faut mettre tout cela en relations, trier ce qui est significatif et ce qui est accessoire – et établir un diagnostic, un pronostic et un traitement. Dispose-t-on pour cela d'une théorie médicale douée d'une quelconque efficacité dans ce travail ?

ANATOMIE, PHYSIOLOGIE ET THÉORIE MÉDICALE

La collection hippocratique comprend quelques descriptions anatomiques, en général assez sommaires, mais dont certaines présentent un degré de précision suffisant pour laisser penser qu'il y avait eu des dissections bien menées (voir ci-dessous la description du cœur et de ses valvules). On pourrait en inférer qu'il existait des traités détaillés qui ne nous sont pas parvenus, sinon sous des formes abrégées (comme dans le *Mochlique* ou dans le traité *De l'anatomie*) ; en remarquant cependant que la théorie médicale hippocratique pouvait se passer d'une anatomie précise, à laquelle elle se réfère peu. Les citations suivantes donnent deux des meilleures descriptions anatomiques de toute la collection.

Le cœur est d'une forme pyramidale et d'une couleur rouge foncé. Une tunique lisse l'enveloppe, dans laquelle est un peu de liquide semblable à de l'urine, de sorte que vous diriez que le cœur se tourne dans une vessie. Cela existe, afin qu'il batte vigoureusement en bonne garde. Il y a juste autant de liquide qu'il en faut pour remédier au feu qui brûle le cœur. Ce liquide est une sérosité filtrée par le cœur qui boit, reçoit et consume, lappant la boisson qui arrive au poumon. [...] Le cœur est un muscle très fort, non par les nerfs (*c'est-à-dire les parties tendineuses*) mais par le feutrage de la chair. Il a sous une seule enveloppe deux ventricules séparés, l'un d'un côté, l'autre de l'autre. Ils ne se ressemblent point : celui de droite gît sur l'orifice et est attaché à l'autre (je dis le ventricule de droite, mais du côté gauche, car le cœur entier a son siège de ce côté) ; de plus, il a beaucoup d'ampleur, et est bien plus grand que l'autre ; il n'occupe pas l'extrémité du cœur mais il en laisse solide le bout, et il est comme cousu par-dehors. L'autre gît par dessous principalement, et répond directement à la mamelle gauche surtout, où le battement se fait sentir. [...]

(*Valvules sigmoïdes*). Il y a une paire de ces aortes, aux portes desquelles sont disposées trois membranes de chaque côté, arrondies à leur extrémité, en forme de demi-cercle ; et, en se rapprochant, c'est merveille comme elles ferment les orifices, limites des aortes. Après la mort, si, connaissant le rite ancien, on retire le cœur, et que, des membranes, on écarte l'une et

couche l'autre, il ne pénétrera dans ce viscère ni eau ni air que l'on y pousse, et surtout du côté gauche (*c.-à-d. du côté de l'aorte proprement dite, l'autre « aorte » étant l'artère pulmonaire munie elle-aussi d'une valvule sigmoïde*) ; là, en effet, la clôture est plus hermétique, comme cela doit être : car l'intelligence de l'homme est innée dans le ventricule gauche et commande au reste de l'âme. (*Du cœur*)

Une autre assez bonne description est celle du squelette donnée par le *Mochlique*.

Disposition des os : Aux doigts les os et les articulations sont simples ; la main et le pied en contiennent beaucoup, articulés les uns d'une façon, les autres d'une autre, les plus gros sont les plus rapprochés du tronc ; le talon est constitué par un seul os. que l'on voit saillant en arrière, et qui donne attache aux tendons postérieurs. La jambe est composée de deux os, unis en haut et en bas, séparés un peu dans le milieu ; l'os externe (*le péroné*) est de peu plus petit que l'autre du côté du petit orteil, mais il l'est de beaucoup là où les deux os sont séparés et du côté du genou. De cet os naît le tendon qui est en dehors du jarret ; les deux os ont en bas une épiphyse commune dans laquelle le pied se meut, et en haut une autre épiphyse où se meut l'extrémité articulaire du fémur. [...] (*Le texte se poursuit en décrivant ainsi les principales pièces du squelette.*) (*Mochlique*)

Quant à la physiologie, et à la théorie médicale qui s'y ancre, c'est ce qu'on appelle la « théorie des humeurs », que l'on peut rattacher aux conceptions d'Alcméon et d'Empédocle, et qui servira à toute la médecine jusqu'à la Renaissance, et même un peu au-delà. Le corps est composé par diverses humeurs (4 en général) ; la santé est l'équilibre (ou isonomie) entre ces humeurs ; la maladie est le déséquilibre au profit de l'une d'elles, déséquilibre que la médecine doit corriger. Un tel déséquilibre peut avoir une cause externe ou une cause interne ; le plus généralement, la cause externe est assimilée aux conditions climatiques (au sens large), et la cause interne au régime alimentaire mal adapté à la constitution, l'âge, l'exercice, etc. du malade. Sans compter ici les troubles provenant de blessures diverses et qui sont souvent traités chirurgicalement.

Nous donnons ci-dessous une longue citation extraite du traité *De la nature de l'homme* qui expose ceci mieux que nous ne saurions le faire :

Le corps de l'homme a en lui sang, pituite, bile jaune et noire ; c'est là ce qui en constitue la nature et ce qui y crée la maladie et la santé. Il y a essentiellement santé quand ces principes sont dans un juste rapport de crase, de force et de quantité, et que le mélange en est parfait ; il y a maladie quand un de ces principes est soit en défaut soit en excès, ou, s'isolant dans le corps, n'est pas combiné avec tout le reste. Nécessairement, en effet, quand un de ces principes s'isole et cesse de se subordonner, non seulement le lieu qu'il a quitté s'affecte, mais celui où il s'épanche s'engorge et cause douleur et travail. Si quelque humeur flue hors du corps plus que ne le veut la surabondance, cette évacuation engendre la souffrance. Si, au contraire, c'est en dedans que se font l'évacuation, la métastase, la séparation d'avec les autres humeurs, on a fort à craindre, suivant ce qui a été dit. une double souffrance, savoir au lieu quitté et au lieu engorgé. [...]

La pituite augmente chez l'homme pendant l'hiver ; car. étant la plus froide de toutes les humeurs du corps, c'est celle qui est la plus conforme à cette saison. [...] (*D'où des maladies « pituiteuses » – l'excès de pituite se manifestant par exemple dans le fait que l'on se mouche plus : élimination de cette pituite excédentaire.*)

Au printemps, la pituite conserve encore de la puissance, et le sang s'accroît [...] (*maladies : dysenteries, hémorragies, ...*).

En été, le sang a encore de la force, mais la bile se met en mouvement dans le corps, et elle se fait sentir jusqu'à l'automne [...] (*vomissements de bile*).

La pituite est au minimum dans l'été, saison qui, étant sèche et chaude, lui est naturellement contraire. Le sang est au minimum en automne, saison sèche et qui commence déjà à refroidir le corps humain ; mais c'est alors que la bile noire surabonde et prédomine. [...]

Donc toutes ces humeurs existent constamment dans le corps humain ; seulement elles y sont, par l'influence de la saison actuelle, tantôt en plus grande, tantôt en moindre quantité ; chacune selon sa proportion et selon sa nature. L'année ne manque en aucune saison d'aucun des principes, chaud, froid, sec, humide ; nul, en effet, de ces principes ne subsisterait un seul instant sans la totalité des choses existant dans ce monde, et, si un seul venait à faire défaut, tous disparaîtraient ; car en vertu d'une seule et même nécessité, tous sont maintenus et alimentés l'un par l'autre. De même dans l'homme, si manquait une des humeurs congénitales, la vie ne pourrait continuer. [...]

Nécessairement, les choses étant ainsi, les maladies accrues par l'hiver cessent en été, accrues par l'été cessent en hiver. [...] Les maladies engendrées au printemps, on en attendra la solution à l'automne ; les maladies automnales, le printemps en amènera forcément la guérison. [...]

Le médecin, de son côté, doit traiter les maladies en se souvenant que chacune prévaut dans le corps suivant la saison qui lui est la plus conforme. [...]

Outre cette notion, il faut encore être instruit que les maladies dues à la plénitude se guérissent par l'évacuation ; dues à l'évacuation, par la plénitude ; dues à l'exercice, par le repos ; dues à l'oisiveté, par l'exercice. [...]

Pour résumer toute notion, le médecin doit combattre le caractère constitutionnel des maladies, des complexions, des âges, et relâcher ce qui est resserré, ainsi que resserrer ce qui est relâché ; de la sorte, la partie souffrante sera le plus en repos ; c'est en quoi me paraît surtout consister le traitement. Les maladies proviennent les unes du régime, les autres de l'air, dont l'inspiration nous fait vivre. On distinguera ainsi ces deux séries : quand un grand nombre d'hommes sont saisis en même temps d'une même maladie, la cause en doit être attribuée à ce qui est le plus commun, à ce qui sert le plus à tous ; or, cela, c'est l'air que nous respirons. [...] Mais quand les maladies sont de toutes sortes dans le même temps, manifestement alors elles sont respectivement imputables au régime de chacun.

Les maladies qui naissent de la partie du corps la plus forte sont les plus fâcheuses. En effet, restent-elles là où elles ont commencé ? nécessairement tout le corps souffre, la partie la plus forte souffrant. Se portent-elles sur une partie plus faible ? les solutions deviennent difficiles. Mais elles sont plus aisées quand le mal passe d'une partie plus faible sur une partie plus forte, qui, en vertu de sa force même, consumera aisément les humeurs affluentes. (*De la nature de l'homme*)

On retrouve des conceptions analogues, de manières plus ou moins explicites et détaillées, dans un grand nombre de traités. On a déjà évoqué ci-dessus l'importance donnée aux conditions atmosphériques dans la maladie ; nous parlerons de celle du régime alimentaire ci-dessous, dans la partie consacrée à la thérapeutique. L'encadré 166 (page 398) – l'empyème – donne une idée de la

manière dont une maladie (l'empyème, ou pleurésie purulente, amas de pus dans la cavité des plèvres) pouvait être expliquée par le mouvement des humeurs.

En quoi consistent exactement ces humeurs ? Sont-elles des substances réelles, sont-elles des notions abstraites ? Quels rapports entretiennent-elles avec l'expérience médicale ? Pour deux d'entre elles, la réponse est claire : le sang et la bile jaune semblent être des substances bien définies et identifiables. La pituite serait les liquides comme la salive, les mucosités nasales, les larmes, mais aussi la lymphe et le plasma sanguin (salive, larmes, ... pouvant être assimilés à des excréments de cette lymphe) ; la pituite et le phlegme sont alors une seule et même humeur. Quant à la bile noire, il est bien difficile de l'identifier à une « humeur » réelle.

On comprend l'affirmation « *la pituite augmente chez l'homme en hiver* », par le fait que l'hiver est la saison où l'on a le plus facilement « le nez qui coule », ce qui est interprété comme un excès de pituite (et donc un déséquilibre des humeurs en faveur de celle-ci). La prédominance des autres humeurs dans les autres saisons est moins facilement compréhensible, si ce n'est par le goût de la symétrie : 4 humeurs, 4 saisons, une humeur par saison.

De telles observations ont indubitablement dû jouer un rôle dans l'élaboration de la théorie des humeurs. Mais cette théorie les dépasse quand elle affirme que le corps est composé de ces humeurs, que la santé en est l'équilibre et que, de plus, il faut que ces humeurs soient mélangées et qu'elles ne s'isolent pas les unes des autres. Le passage de l'expression « *le corps de l'homme a en lui sang, pituite, bile jaune et noire* » à l'expression « *c'est là ce qui en constitue la nature* », le passage de la reconnaissance que le corps contient les quatre humeurs à l'affirmation que ces humeurs sont les constituants du corps, évoque la théorie des quatre racines d'Empédocle ; tout comme la conception de l'isonomie. La remarque selon laquelle il faut que ces humeurs soient mélangées et non pas séparées les unes des autres évoque, elle, sa conception de l'Amour qui rapproche et mélange les quatre racines, et de la Haine qui, au contraire, les sépare et les isole les unes des autres ; ce qui rapproche Amour et santé, Haine et maladie.

Cette théorie des humeurs semble donc être une application de la conception physique d'Empédocle à des observations médicales du genre de celles que nous proposons ci-dessus pour la pituite et l'hiver. Pourquoi le choix s'est-il porté sur telle humeur plutôt que sur telle autre ? Il est difficile de le dire (d'ailleurs, la bile noire, que la médecine ultérieure imagine souvent sécrétée par la rate, ressemble bien à une humeur imaginaire). Dans ces conditions, le statut des humeurs est beaucoup moins simple qu'il pouvait le sembler à la constatation de la réalité du sang, de la bile ou de la lymphe. Tout comme les quatre racines d'Empédocle sont à la fois des substances et des qualités (des qualités substantifiées), on peut penser que les quatre humeurs hippocratiques sont à la fois des substances réelles et des entités abstraites proches de ces qualités substantifiées. Les mouvements d'humeurs peuvent être des déplacements de liquides, mais aussi des changements de qualités : ainsi la pituite qui surabonde en hiver ne provient pas tant d'un déplacement de liquide la concentrant au niveau du nez et des yeux,

que d'un changement qualitatif de la composition du corps qui s'accompagne d'une séparation et d'une exsudation de cette humeur. La rupture de l'équilibre est à comprendre de manière autant qualitative que quantitative. C'est ce que montrent les considérations relatives aux humeurs et aux saisons : on y trouve les deux couples d'opposés chaud/froid et sec/humide et à chacun de ces termes semble être liée une humeur. Tout comme une élévation de température (donc qualitatif) s'expliquerait dans une physique des qualités par un déséquilibre en faveur de l'élément chaud (qualité substantifiée), la maladie pourrait être considérée comme un changement qualitatif expliqué par le déséquilibre en faveur de l'une ou l'autre des humeurs jouant alors comme des qualités substantifiées (proches de chaud, froid, sec, humide). Il est dit « *la pituite augmente chez l'homme pendant l'hiver ; car, étant la plus froide de toutes les humeurs du corps, c'est celle qui est le plus conforme à cette saison* » : si l'abaissement de température (qualitatif) est expliqué par l'accroissement de l'élément froid (qualité substantifiée), un tel abaissement imposé au corps par le milieu extérieur (en raison de l'hiver) se traduit dans celui-ci par l'accroissement de la qualité substantifiée similaire, à savoir la pituite qui est « *la plus froide de toutes les humeurs du corps* ». Cet accroissement n'a pas besoin d'être expliqué par un déplacement de liquide ou par la production de ce liquide à partir des autres : le froid le cause par un processus de « sympathie » (au mieux, en termes de physique, pourrait-on dire que le froid sépare et isole la pituite du mélange des trois autres humeurs) ; l'humeur en question est tout autant, sinon plus, une qualité substantifiée qu'un liquide physiologique.

La théorie des humeurs est donc à rattacher à la physique des qualités, à la physique des contraires et à la conception d'Empédocle. Il ne faut pas trop chercher à identifier les humeurs avec des liquides organiques réels, dont les mouvements réels entraîneraient les différentes maladies. Le nez qui coule est bien sûr un excès de pituite, l'hémorragie un excès de sang, etc. ; mais ces excès sont à la fois les symptômes et les causes de la maladie : symptôme parce que dire que le nez coule ou dire qu'il y a un excès de pituite est équivalent ; causes parce que la maladie dont le symptôme est l'écoulement nasal sera expliquée par un déséquilibre des humeurs en faveur de la pituite. En précisant cependant que ce déséquilibre est lui-même expliqué « sympathiquement » par le froid, ou plutôt par l'accroissement du froid considéré comme qualité substantifiée proche parente de la pituite. Comme les racines empédocléennes, les humeurs sont des substances et des qualités, tantôt l'une, tantôt l'autre, tantôt les deux.

THÉRAPEUTIQUE

Si la maladie est expliquée par le déséquilibre et/ou la séparation des humeurs, comment la guérison est-elle expliquée ? Essentiellement par la coction (c.-à-d. la cuisson) des humeurs, coction qui va neutraliser l'excès d'une humeur par son mélange et sa « cuisson » avec les autres. Dans les citations ci-dessous, on

comprend ce que peut être une telle coction et où cette explication trouve son origine : dans les changements de consistance des expectorations et des humeurs lors de maladies du nez, de la gorge et des yeux.

Quand on est affecté d'un coryza et qu'il se fait un écoulement par les narines, cette humeur, devenue beaucoup plus âcre que celle qui était rendue auparavant et que le nez fournit chaque jour, le fait enfler et excite une chaleur excessive et un sentiment de brûlure ; et si on y porte souvent la main et que le flux persiste longtemps, la partie, quoique sèche et charnue, s'excorie. L'inflammation du nez s'apaise, non pas tant que dure le catarrhe et que la phlegmasie existe, mais quand l'humeur devient plus épaisse, moins âcre, et quand par la coction elle se mêle davantage au liquide primitif ; alors seulement l'inflammation cesse. [...]

Autre exemple : les fluxions qui se jettent sur les yeux, ayant des âcretés violentes et diverses, ulcèrent les paupières, excorient, chez quelques-uns, les joues, le dessous de l'œil et toutes les parties où elles s'épanchent, percent même et corrodent la membrane autour de la prunelle. Douleurs, inflammations, chaleur extrême, tout cela dure, jusqu'à quand ? jusqu'au moment où la fluxion s'épaissit par le travail de la coction, et où l'humeur qui s'écoule devient chassieuse. Avoir subi la coction, c'est, pour les humeurs, avoir été mélangées, tempérées les unes par les autres, et cuites ensemble. (*Suivent des considérations analogues pour la fluxion sur la gorge, les angines, les inflammations, les péripneumonies*)

Tant que ces humeurs sont en mouvement, sans coction ni mélange, la médecine n'a aucun moyen de faire cesser la douleur et la fièvre. (*De l'ancienne médecine*)

La coction est donc une opération qui re-mélange les humeurs et les neutralise les unes par les autres : on peut la comprendre dans la physique des qualités comme l'opération qui réunit les contraires en un tout neutre parce qu'en équilibre (cette neutralité s'opposant à l'âcreté de chacun des contraires lorsqu'il est isolé).

Que doit faire le médecin pour provoquer cette coction, pour rétablir l'équilibre des humeurs, et donc la santé ?

Il doit d'abord être prudent et ne pas se lancer dans des traitements inconsidérés, car tout ne lui est pas possible.

Dans les choses où il nous est donné d'avoir le dessus à l'aide des instruments fournis et par la nature et par les arts, nous pouvons opérer ; mais, dans les autres, nous ne le pouvons pas. Lors donc qu'un homme éprouve un mal plus fort que les instruments de la médecine, il ne faut pas sans doute espérer qu'elle en triomphe. (*De l'art*)

Il doit suivre la nature car :

La nature est le médecin des maladies. La nature trouve pour elle-même les voies et moyens, non par intelligence ; [...] la nature, sans instruction et sans savoir, fait ce qui convient. (*Épidémies, Livre VI, 5^e section*)

Cette conception de la « *natura medicatrix* » n'implique pas que l'art du médecin est inutile, le traité *De l'art en* témoigne. Le médecin, qui a étudié la nature (celle de l'homme, celle des maladies, ...) peut travailler à rétablir la santé, à rétablir l'équilibre des humeurs.

On l'a vu dans la longue citation du traité *De la nature de l'homme* (page 381) : « ... les maladies dues à la plénitude se guérissent par l'évacuation ; dues à l'évacuation, par la plénitude ; dues à l'exercice, par le repos ; dues à l'oisiveté, par l'exercice... ». Et auparavant, le même traité avait déjà précisé que les maladies accrues par l'hiver cessent en été, et ainsi de suite pour les différentes saisons. En général, le médecin rétablit l'équilibre en favorisant le contraire qui est minoritaire, ou en défavorisant le majoritaire. Ce que confirme assez largement la citation suivante (encore qu'il y a un cas où il faut « faire le semblable » et non le dissemblable) :

Dilater, resserrer, dans un cas et non dans un autre. Des humeurs, expulser les unes, dessécher les autres, ingérer quelques-unes, tantôt par une voie, tantôt par une autre. Atténuer, épaissir le corps entier, la peau, les chairs, le reste, et ici le faire, là ne pas le faire. Rendre uni, rendre raboteux, durcir, amollir, ici le faire, là ne pas le faire ; éveiller, endormir, et le reste de même nature. Faire la dérivation ; faire la révulsion après un intervalle, mettre un intervalle après la révulsion. Évacuer l'humeur quand elle ne s'écoule pas, non quand elle s'écoule ; concourir à l'évacuation de celle qui s'écoule ; faire le semblable, par exemple la douleur calme la douleur ; faire le dissemblable, par exemple, si les humeurs se portent en haut, résoudre par le bas ; faire l'opposé, par exemple, après avoir purgé la tête ouvrir la veine, pourvu qu'on agisse avec réflexion. (*Épidémies, Livre IV*)

Pour cela, le médecin dispose de divers traitements : saignées, ventouses, cautérisations, massages, bains, drogues diverses en potions, cataplasmes, onguents, suppositoires, etc. L'encadré 165 en donne quelques exemples (sauf les traitements chirurgicaux étudiés plus loin).

165. QUELQUES TRAITEMENTS ET REMÈDES DE LA MÉDECINE HIPPOCRATIQUE

Dans toute plaie récente, excepté au ventre, il importe de faire couler aussitôt de la plaie plus ou moins de sang ; la plaie elle-même et les parties voisines s'enflamment beaucoup moins. (*Des plaies*)

Pour les ulcères rongeurs : alun d'Égypte grillé et alun de l'île de Mélos ; auparavant laver la partie avec du nitre grillé, et éponger. De même l'alun-chalcite grillé ; le griller jusqu'à ce qu'il ait une apparence ignée. (*Des plaies*)

(*Médicament hémostatique*) : Qu'on applique sur la veine de la laine

humectée avec le lait qui sort du figuier, ou bien qu'on enfonce dans la narine un tampon fait avec de la présure, ou bien poussez du colcothar avec le doigt dans la narine, et pressez des deux côtés les cartilages en-dehors ; en même temps relâchez le ventre avec du lait d'ânesse cuit, rasez la tête et administrez des réfrigérants si la saison est chaude. (*Du régime dans les maladies aiguës*)

L'eau de mer s'emploie dans les affections prurigineuses et mordicantes ; chaude en bain et en fomentation ; aux personnes qui n'en ont pas l'habitude on fait quelques onctions grasses. Elle ne vaut rien pour les plaies résultant de brûlures, pour les excoriations et autres semblables, mais elle convient aux plaies mondifiées et a la vertu de bien dégonfler ; voyez en effet les plaies des pêcheurs ; elles ne suppurent même pas, à moins qu'on y touche. On s'en sert aussi pour les pièces d'appareil appliquées sur la peau. Elle borne et fait cesser les affections rongeantes ; même propriété appartient au sel, à la saumure et au nitre. De toutes ces substances l'usage à petite dose est irritant ; à dose supérieure est avantageux. D'ordinaire il vaut mieux s'en servir à une température chaude. (*De l'usage des liquides*)

S'il y a coryza, bien triturer de la myrrhe, mêler du miel, enduire un linge, frotter les narines. (*Des maladies des femmes, I*)

Pour la gorge, faire des affusions d'eau chaude sur la tête, s'il ne fait pas froid ; autrement, donner de la farine aussi chaude que possible, et du vin pur. (*Épidémies, II*)

Quand les amygdales s'affectent, il se forme à la mâchoire, des deux côtés, un gonflement ; on sent en touchant par-dehors, de la dureté ; la luette entière est enflammée. Les choses étant ainsi, introduisez le doigt et écartez les amygdales ; frottez la luette avec de la fleur de cuivre sèche ; faites gargariser avec le gargarisme susdit ^(°) chaud. À l'extérieur, appliquez là où il y a gonflement, un cataplasme chaud de farine d'orge cuite dans du vin et de l'huile. Quand les tumeurs vous paraîtront molles, touchées par dedans, percez-les avec un bistouri. Quelques-unes guérissent spontanément.

(°) – (*Le gargarisme auquel le texte renvoie est celui-ci, préconisé pour l'angine :*) Pour gargarisme, prenez l'origan, la rue, la sarriette, le persil, la menthe, un peu de nitre ; versez du mélicrat étendu d'eau et un peu de vinaigre ; pilez les feuilles et le nitre ; faites macérer, chauffez et employez en gargarisme. (*Des maladies, II*)

(*Maladie des yeux*) : Prenez des scories de cuivre lavées, pétrissez-les avec de la graisse, comme de la pâte non humide, broyez le tout ; humectez avec du jus de raisins non mûrs ; faites sécher au soleil, humectez de nouveau jusqu'à consistance d'onguent. Lorsque cette préparation est redevenue sèche, pilez-la finement à sec ; frottez-en les yeux, et mettez-en dans les angles oculaires. (*Du régime dans les maladies aiguës*)

Pour les yeux, douze (parties) de spode, cinq de safran, une de noyaux d'olives, une de céruse, une de myrrhe, faire des affusions d'eau froide sur la tête, et donner de l'ail avec de la pâte d'orge. (*Épidémies, II*)

Pour les douleurs d'oreilles, il faut user du lait. (*Épidémies, II*)

Pour la douleur intense de l'oreille, appliquer une ventouse. (*Épidémies, II*)

Si des évacuations sont jugées convenables, vous les procurerez avec sûreté par le haut à l'aide de l'ellébore ; mais dans ce cas ne donnez pas de purgation. Ce qu'il y a de plus efficace c'est de provoquer l'urine, les sueurs, et de faire faire des promenades. (*Appendice au Régime dans les maladies aiguës*)

Pilez l'*Euphorbia peplus* L. , versez-y de l'eau, passez, pétrissez-y de la farine, faites des massepains, versez-y du miel cuit, et faites manger cette préparation à ceux qui ont besoin d'évacuations alvines, et aux hydropiques ; ils boiront, par là-dessus, un vin doux, aqueux, ou de l'hydromel, étendu d'eau, et fait avec le résidu de la cire. (*Appendice au Régime dans les maladies aiguës*)

(*Diurétique ?* :) Prenez des parcelles de cuivre battu trois fois autant qu'il peut en tenir dans la petite cavité qu'offre l'extrémité postérieure de la sonde ; ajoutez de la colle de farine de l'année ; pulvérisez ; et faites des pilules que le malade prendra. Ce médicament évacue les eaux par le bas. (*Du régime dans les maladies aiguës*)

Dysenterie : Prenez trois onces (81 g) de fèves d'Egypte nettoyées, douze branches de garance, pilez, mélangez, faites cuire, ajoutez-y de la graisse, et faites un éclegme. (*Du régime dans les maladies aiguës*)

Dans le dérangement du ventre, donner des fèves cuites, à moins que les parties supérieures du corps ne soient bilieuses, ou donner à manger du cumin avec les fèves. (*Épidémies, II*)

Pour faire cesser le vomissement, donner à boire de l'eau chaude que l'on revomira. (*Épidémies, II*)

Potion pour un hydropique : Prenez trois cantharides, ôtez-en la tête, les pieds et les ailes, broyez-en les corps dans trois verres d'eau ; lorsque celui qui a bu ce médicament souffre, on lui fait des onctions huileuses, puis des affusions chaudes ; la potion doit être bue à jeun, puis on mange des pains chauds avec de la graisse. (*Du régime dans les maladies aiguës*)

Un hydropique étant affecté de toux, s'il lui survient une défaillance subite, on emploiera toutes choses chaudes ; sinon, on lui fera boire du vin pur, et on le remplira d'aliments ; on ouvrira les veines internes. (*Épidémies, II*)

Un cancer étant survenu à la suite d'un dérangement du ventre ou d'une toux, la bouche devient amère ; administrer l'élathérion (*suc de Momordica elathérion*), deux ou trois fois, à moins que l'individu ne soit grêle. Il faut à l'aide d'un bandage, appliquer de la fleur de cuivre, qu'on a calcinée jusqu'à ce qu'elle soit devenue rouge, et une éponge, à moins que l'individu ne soit grêle. (*Épidémies, II*)

Pour l'alphos et la lèpre, de la chaux dans de l'eau, de manière à ne pas produire d'ulcération. (*Épidémies, II*)

Dans la cardialgie, donner du pain chaud avec du vin pur. (*Épidémies, II*)

Pour la pneumatose, la saignée. (*Épidémies, II*)

Pour la paronychie, la noix de galle noire, dans du miel. (*Épidémies, II*)

(*Hémorroïdes*) : Si vous voulez traiter avec les suppositoires, prenez de l'os de la seiche, un tiers de molybdène (massicot), de l'asphalte, de l'alun, un peu de

fleur de cuivre, de la noix de galle, un peu de vert-de-gris ; versez là-dessus du miel cuit ; faites-en un suppositoire allongé, et appliquez-le jusqu'à ce que les hémorroïdes aient disparu. (*Des hémorroïdes*)

Fumigation propre à faire venir les règles : bouse de vache, y mêler de la sciure de cyprès, pétrir et arranger en forme de conque, sécher au soleil, et là-dessus jeter les ingrédients fumigatoires. (*Des maladies des femmes, I*)

Pour arrêter le flux menstruel chez les femmes, appliquer une très grande ventouse à la mamelle. (*Épidémies, II*)

Pour faire concevoir une femme : faire cuire des poulpes au-dessus de la flamme, les donner à manger demi-cuits, aussi chauds que possible, broyer du nitre d'Egypte, de la coriandre et du cumin, et faire des trochisques (*médicament en poudre*) qui seront appliqués aux parties génitales. (*Épidémies, II*)

La saison la plus efficace pour la conception est le printemps ; l'homme ne sera pas en état d'ivresse ; il aura bu non pas du vin blanc mais du vin pur et très fort ; il aura mangé des aliments très substantiels ; il n'aura pas pris de bain chaud ; il sera en bonne force, en bonne santé ; et il se sera abstenu des aliments qui ne sont pas convenables à l'objet. (*Des femmes stériles*)

Préparation pour empêcher la conception : si une femme ne doit pas concevoir, délayer gros comme une fève de misy dans de l'eau, faire boire, et elle reste une année, pour ainsi parler, sans concevoir. (*Des maladies des femmes, I*)

Si une accouchée est prise de spasmes, faire du feu, et, introduisant beaucoup de cérat dans une vessie, administrer cela en lavement. (*Épidémies, II*)

Injections détersives de la matrice, ulcérée à la suite de l'accouchement ou d'une phlegmasie : figues non mûres de l'hiver, verser de l'eau, faire bouillir, passer, laisser reposer, puis verser de l'huile tiède et mêler ; l'injection sera de deux cotyles au plus (*1 cotyle = 0, 27 l*). (*Des maladies des femmes, I*)

Pour faire sortir l'arrière-faix qui est resté, appliquer de l'ellébore au nez, de façon à provoquer l'éternuement, et fermer les narines et la bouche de la femme au moment où elle éternue. (*Épidémies, II*)

Infusion pour la matrice propre à chasser le fœtus, s'il est mort : piler du safran, verser de la graisse d'oie, passer, infuser dans la matrice, et l'y laisser aussi longtemps que possible. (*Des maladies des femmes, I*)

Dépilatoire : Si vous voulez faire tomber les poils du corps, oindre avec la larme de la vigne et de l'huile ; et même pour l'œil, arrachez le poil et oignez. Halcionium, brûler, triturer, mouiller avec du vin et oindre ; le poil s'en va avec une pellicule, et la place reste rouge et de bonne couleur. (*Des maladies des femmes, I*)

(*Recette pour les cheveux*) : Si les cheveux tombent, triturez du ladanum (*substance visqueuse fournie par le Cistus creticus*) avec de l'huile de rose ou de lis, et appliquez-le en onction avec du vin ; ou la terre cimoliée avec du vin, ou avec de l'huile de rose, ou avec de l'omphacion (*huile d'olives non mûres*), ou

avec le suc d'acacia. S'il y a calvitie, appliquez en cataplasme le cumin, ou la fiente de pigeon, ou le raifort pilé, ou la bette, ou l'ortie. (*Des maladies des femmes, I*)

(Remarquer que toutes ces recettes sont assez comparables à celles de la médecine égyptienne, voire mésopotamienne)

L'élément le plus important de la thérapeutique est cependant le régime alimentaire. Tout d'abord parce qu'on pensait que la médecine dérivait elle-même de la diététique, ou plutôt, qu'elle était le prolongement des efforts faits par les premiers hommes pour améliorer leur régime alimentaire, pour concevoir des aliments plus élaborés et convenant mieux que ceux, bruts et crus, que propose la nature. Ce qu'explique le texte suivant :

Dans l'origine, cet art (*la médecine*) n'aurait jamais été trouvé, ni même cherché (car le besoin ne s'en serait pas fait sentir), si les hommes avaient été soulagés, malades, par le boire, le manger et le reste du régime dont ils usaient bien portants, et s'il n'y avait eu quelque chose de mieux à faire. Mais la nécessité même força les hommes de chercher et d'inventer l'art médical, car ils s'aperçurent que le régime de la santé ne convenait pas à la maladie, pas plus qu'il n'y convient aujourd'hui. Bien plus, en remontant dans les siècles passés, je pense que le genre de vie et de nourriture dont, en santé, on use de nos jours, n'aurait pas été découvert, si l'homme, pour son boire et son manger, avait pu se contenter de ce qui suffit au bœuf, au cheval, et à tous les êtres en dehors de l'humanité, à savoir des simples productions de la terre, des fruits, des herbes et du foin. Les animaux s'en nourrissent, s'en accroissent, et vivent sans être incommodés et sans avoir besoin d'aucune autre alimentation. Sans doute, dans les premiers temps l'homme n'eut pas d'autre nourriture ; et celle dont on se sert de nos jours me semble une invention qui s'est élaborée dans le long cours des ans. Mais d'une alimentation forte et agreste naissaient une foule de souffrances violentes, telles qu'on les éprouverait encore aujourd'hui par la même cause ; chez ceux qui se sustentaient avec ces matières crues, indigestes et pleines d'activité, survenaient des douleurs intenses, les maladies et une prompte mort. Les hommes d'alors en souffraient moins sans doute, à cause de l'habitude ; cependant le mal était grand même pour eux ; et la plupart, surtout ceux qui étaient d'une constitution plus faible, périssaient ; les natures les plus vigoureuses résistaient davantage. C'est ainsi que, de nos jours, les uns digèrent, avec facilité, des aliments d'une grande force, et les autres n'en triomphent qu'avec beaucoup de peine et de douleur. Telle fut, ce me semble, la cause qui engagea les hommes à chercher une nourriture en harmonie avec notre nature, et ils trouvèrent celle qui est en usage maintenant. En effet, apprenant à macérer, à monder, à cribler, à moudre, à pétrir les grains, ils ont fabriqué, avec le blé, du pain, avec l'orge, de la pâte qu'ils ont travaillée de mille manières. Ils ont fait bouillir, fait rôtir, composé des mélanges, et tempéré, par des substances plus faibles, ce qui était fort et intempéré, se réglant en toute chose sur la nature et les forces de l'homme ; car ils pensèrent que les substances qui seraient trop fortes pour pouvoir être surmontées par la nature, produiraient, si elles étaient ingérées, des souffrances, la maladie et la mort ; qu'au contraire, tout ce qui serait digestible contribuerait à la nutrition, à l'accroissement et à la santé. À de telles recherches, à de telles inventions, quel nom donner de plus juste et de plus convenable que celui de médecine : médecine trouvée pour la santé, pour la nourriture, pour le salut de l'homme, changement de ce régime qui ne lui avait causé que souffrance, maladie et mort. (*De l'ancienne médecine*)

On est bien loin ici de toute médecine magico-religieuse : l'origine de la médecine n'a rien de surnaturel ni de divin, elle est simplement dans les efforts des premiers hommes pour améliorer leurs conditions de vie, et spécialement leur alimentation. L'importance accordée au régime alimentaire dans la thérapeutique s'explique également par ce que l'une des causes supposées de la maladie réside dans l'inappropriation de l'alimentation à la constitution de l'individu, son activité, la saison, etc. Il faut donc d'abord bien étudier ces questions pour les hommes en santé, voir les effets qu'apportent les modifications de régime, établir ce que doit être ce régime selon les saisons, l'âge, la constitution, etc.

Pour s'instruire, il faut observer ce qui, dans le régime, est utile aux hommes, pendant qu'ils sont encore dans l'état de santé ; car, si une alimentation telle ou telle, même chez les gens bien portants, présente de grandes différences en toutes circonstances, et surtout dans les changements de l'une pour l'autre, comment pourrait-il se faire qu'elle ne présentât pas aussi des différences considérables dans les maladies, et d'autant plus que les maladies sont aiguës ? En santé, il faut savoir qu'user, avec une régularité toujours la même, d'aliments et de boissons de qualité ordinaire est, en général, plus sûr que d'opérer, en son régime, quelque brusque et grand changement. En effet, soit qu'on ait l'habitude de faire deux repas par jour, soit qu'on n'en fasse qu'un, les changements soudains causent souffrance et faiblesse. Qu'un homme, qui n'est pas dans l'usage de déjeuner, vienne à faire un repas le matin, aussitôt il en souffre, il devient pesant de tout le corps, faible et inactif ; si, dans cet état, il se met à dîner, il a des rapports aigres, quelquefois il survient de la diarrhée, parce que les voies digestives ont été surchargées d'un poids extraordinaire, habituées qu'elles étaient à avoir un intervalle de sécheresse, à ne pas recevoir deux fois un fardeau, à ne pas digérer deux fois des aliments. (*Du régime dans les maladies aiguës*)

Les particuliers doivent ainsi régler leur régime : en hiver, manger le plus, boire le moins ; la boisson sera du vin aussi pur qu'il sera possible ; les aliments seront du pain et tous mets rôtis ; en cette saison, on usera aussi peu que possible de légumes ; de la sorte le corps sera à son maximum de sécheresse et de chaleur. Quand vient le printemps, alors on boira davantage, du vin plus trempé et par petits coups ; on usera d'aliments plus émollients et en moindre quantité ; au pain on substituera la pâte de farine d'orge ; on diminuera par la même saison ce qu'on mange en fait de mets, lesquels seront tous des mets bouillis ; au printemps on commencera à prendre des légumes en petites quantités, afin de se disposer pour l'été à l'aide de substances plus émollientes, de mets bouillis, de légumes bouillis et crus, ainsi qu'à l'aide de boissons aussi trempées et aussi abondantes qu'il sera possible, mais en évitant, par un usage progressif, et sans brusquerie, tout grand changement. En été, on se nourrira de molle pâte d'orge, de boisson très trempée et abondante et de mets bouillis ; c'est en effet ce dont il faut user en été, afin d'avoir le corps frais et relâché, la saison étant chaude et sèche et rendant les corps brûlants et arides ; conditions que l'on doit combattre par ces précautions. Comme pour le passage de l'hiver au printemps, on se disposera pour celui du printemps à l'été en diminuant les aliments, en augmentant la boisson. De la même façon, on opposera les contraires aux contraires pour aller de l'été à l'hiver. Dans l'automne, on reviendra à une nourriture plus abondante et plus sèche, les plats seront en conséquence, la boisson sera moindre et moins trempée, de façon que l'hiver se passe bien et que l'on puisse user des boissons peu trempées et peu abondantes, et d'aliments le plus abondants et le plus secs qu'il sera possible ; de la sorte on se portera le mieux et on aura froid le moins ; en effet, cette saison est très froide et très humide. (*Suivent les régimes convenant le mieux aux différentes complexions, aux différents âges, aux différentes activités, ...*) (*Du régime salutaire*)

Outre qu'elles sont révélatrices des habitudes alimentaires des anciens Grecs (et de ce qu'ils souffraient de troubles digestifs), ces citations mettent une fois de plus en évidence le principe de la médecine hippocratique d'opposer les contraires pour obtenir un certain équilibre (entre les humeurs, mais aussi de manière plus générale) et même une certaine neutralité (à l'humidité de la saison, on oppose la sécheresse du régime, à sa chaleur la fraîcheur de celui-ci, et inversement). Le traitement des maladies est largement une tentative d'appliquer ce principe d'équilibre saisons/ régimes, de comprendre les modifications qu'apporte la maladie par analogie avec celles qu'apportent les changements de climat et/ou de régime alimentaire (en tenant compte de l'âge, de l'activité, de la complexion...), et de contrer ces modifications par un régime adapté (car il est difficile de changer le climat), ou par un autre traitement censé avoir le même effet. Pour cela, il faut savoir quelles sont les propriétés des différents aliments et produits pharmaceutiques.

Parmi les légumes verts, l'ail bouilli et grillé est diurétique, relâche le ventre et favorise les menstrues. L'oignon est diurétique, le suc en a une certaine âcreté qui fait couler l'urine ; c'est à cette fin qu'il faut l'employer, mais on ne le donnera pas au malade. Le céleri, cuit et cru, est diurétique, le sauvage a plus de vertu que le cultivé. La coriandre cuite et crue est cordiale et relâche le ventre. L'ocimum (*basilic* ?) est humide, froid et cordial. Le poireau cuit est diurétique et favorise les selles ; cru, il chauffe et est pituiteux. La grenade est restaurante et pituiteuse. Avec le grain elle resserre le ventre ; sans le grain, elle le relâche. (*Des affections – Ce traité a l'aspect d'un ouvrage de médecine populaire, où la théorie médicale est expliquée simplement ; peut-être a-t-on là un exemple de conseils diététiques à donner au public de l'époque.*)

Le vin doux, le vin fort, le vin blanc, le vin rouge, l'hydromel, l'eau et l'oxymel sont employés dans les maladies aiguës, et je vais exposer les signes qui en déterminent l'usage. Le vin doux cause moins de pesanteur de tête et porte moins au cerveau que le vin fort, et il dispose un peu plus aux évacuations alvines, mais il gonfle la rate et le foie ; il n'est donc pas convenable à celui chez qui domine la bile amère, car il lui cause de la soif. [...] L'hydromel, quand, dans une maladie aiguë, on le fait boire tant qu'elle dure, est en général moins convenable aux affections bilieuses et à celles où les viscères sont le siège d'engorgements inflammatoires, qu'aux affections qui ne présentent rien de pareil. Il altère moins que le vin doux, par cela même qu'il adoucit les voies respiratoires, qu'il active modérément l'expectoration et qu'il calme la toux. [. . .] Vous trouverez ce qu'on appelle oxymel d'un emploi fréquent dans les maladies aiguës ; car cette boisson facilite l'expectoration et allège la respiration... (*Du régime dans les maladies aiguës*)

De tels principes (outre qu'on pourrait – avec les conseils alimentaires selon les saisons – les rapprocher de certaines conceptions orientales dites « macrobiotiques ») témoignent incontestablement de fondements empiriques et de l'accumulation d'observations sur des périodes assez longues, car il y a de telles études pour un très grand nombre d'aliments et boissons. Ici encore, on est très loin de la médecine magique et de l'emploi de drogues plus ou moins insolites. On doit cependant noter que la théorie médicale précédemment exposée intervient assez peu dans ces questions de régimes alimentaires ; on y dit bien que

le poireau est piteux, mais il est très probable qu'une telle remarque se fonde sur l'impression que cause le poireau (cru – car c'est seulement ainsi qu'il est piteux) sur les muqueuses nasales, impression rapprochée de celle des coryzas. Il y a là une simple analogie (ce qui n'est pas le cas quand on dit qu'il est diurétique et favorise les selles lorsqu'il est mangé cuit, car ici il faut une observation prolongée, sinon une expérience).

L'encadré 166, « L'empyème » (pleurésie purulente, amas de pus dans la cavité des plèvres), résume un peu la conception de la maladie et de son traitement, telle qu'elle a été exposée ci-dessus. Il est fait de citations concernant toutes le même mal, glanées çà et là dans la collection ; on y trouvera une description de cas, l'explication de la maladie dans la théorie des humeurs, le traitement.

166. L'EMPYÈME (Pleurésie purulente)

Description d'un cas

Le garçon d'Antiphane, en hiver, fut pris d'une douleur du côté droit ; toux, fièvre ; il mangeait, il marchait ayant un peu de fièvre ; il semblait affecté d'une rupture (*d'une veinule dans le poumon ? voir ci-après dans l'explication de la maladie*). Le neuvième jour, la fièvre se relâcha, sans cesser tout à fait ; beaucoup de toux, expectoration épaisse, écumeuse ; souffrance dans la poitrine. Vers le quatorzième jour, et derechef vers le vingtième, la fièvre parut tomber, puis elle reprit ; c'était une chaleur légère, qui disparaissait pour très peu de temps ; quant à la toux, tantôt elle cessait complètement, tantôt elle était intense avec beaucoup de suffocation, tantôt elle diminuait seulement ; expectoration, après ces jours, abondante, avec une toux suffocante ; matières expectorées, purulentes, bouillonnant au-dessus du vase et écumeuses ; presque constamment il y avait dans sa gorge un sifflement rauque ; la dyspnée était continuelle, la respiration accélérée, rarement il y avait des moments de bonne respiration. Passé quarante jours, vers les soixante, je pense, l'œil gauche perdit la vue avec un gonflement indolent, et peu après l'œil droit ; les pupilles devinrent très blanches et très sèches ; et le malade mourut, n'ayant survécu guère que sept jours à la perte de la vue. avec du râle et beaucoup de délire. (*Épidémies, VII*)

Explication de la maladie dans la théorie des humeurs

Chez ceux qui ont un empyème dans le poumon, dans le ventre supérieur ou dans l'inférieur, qui ont des tumeurs, soit dans le ventre supérieur, soit dans l'inférieur, soit dans le poumon, ou des ulcérations à l'intérieur, qui vomissent

ou crachent du sang, qui ont quelque douleur, soit dans la poitrine, soit au dos dans les parties postérieures, chez ceux-là, disons-nous, toutes ces affections sont dues, pour les choses du dedans, à la bile et au phlegme, pour les choses du dehors, à l'air mêlé avec la chaleur innée, et aussi aux fatigues et aux blessures.

L'empyème du poumon se produit de cette façon : si, un patient étant pris de péripneumonie, il n'y a pas dégorgement dans les jours critiques, mais s'il est resté dans le poumon de la matière d'expectoration et du phlegme, un empyème se forme ; traité immédiatement, le patient en réchappe d'ordinaire ; mais s'il est négligé, il succombe, et il succombe ainsi : le phlegme se fixant et se pourrissant dans le poumon, cet organe s'ulcère, devient purulent, et il ne peut ni attirer à lui quoi que ce soit de la nourriture, ni se dégorger aucunement par le haut, dès lors le patient étouffe, la respiration est gênée de plus en plus, il râle dans l'inspiration, qui se fait par la partie supérieure de la poitrine, enfin la matière de l'expectoration obstrue les voies et il meurt.

Il se fait encore un empyème quand du phlegme descend de la tête au poumon ; et d'abord en général cette descente n'est pas perçue ; elle provoque une toux légère, la salive est un peu plus amère que d'habitude, et de temps en temps survient un peu de chaleur fébrile ; mais à la longue le poumon devient raboteux, le phlegme s'y fixe et s'y corrompt, l'ulcère à l'intérieur, il se fait sentir un poids dans la poitrine et une douleur aiguë en avant et en arrière, et le corps est en proie à des chaleurs plus vives ; le poumon, par l'effet de la chaleur, attire à lui le phlegme du corps et surtout de la tête ; et la tête, échauffée, l'attire du corps. Ceci se pourrit, et le malade le crache un peu épais ; mais à mesure que le temps avance, cette expectoration devient du pus véritable ; l'état fébrile croît en acuité, la toux est fréquente et forte, l'inappétence fatigue ; enfin le ventre se déränge, et il se déränge par le phlegme, lequel descend de la tête ; le malade, quand il est à ce point, succombe, comme il a été dit précédemment, par l'effet du poumon devenu purulent et pourri, ou par le flux de ventre. (*Des maladies, Livre I*)

(*Suivent d'autres causes de l'empyème, notamment lors de la rupture de veinules dans le poumon*)

Traitements de l'empyème

(*Par cautérisation :*) On ouvrit à Aristodème la poitrine par cautérisation. Il en fut de même pour l'enfant de Philis ; lui aussi à la suite d'une chute ; mais il existait antécédemment un peu de douleur (*Épidémies, IV*)

(*Par médicaments :*) Quant à l'empyème, on purgera la tête avec des médicaments peu énergiques, de manière à faire petit à petit une dérivation sur les narines, et en même temps on recommandera les aliments qui relâchent le ventre. Quand on n'est plus au début de la maladie, et que déjà la fluxion s'est détournée, on provoquera l'expectoration, on excitera la toux et on donnera des médicaments qui auront infusé et des aliments en même temps. Quand il faut provoquer l'expectoration, on donnera des aliments plus abondants, salés,

gras, et du vin astringent ; et on excitera la toux quand il en est ainsi. (*Des lieux dans l'homme*)

Empyème. Coupez des tranches d'oignon de scille, et faites-les cuire dans de l'eau ; quand elles auront bien bouilli, jetez l'eau, versez-en de nouvelle, et faites cuire jusqu'à ce que la scille paraisse au toucher molle et bien cuite, puis broyez-la exactement, mêlez-y du cumin rôti, du sésame blanc, des amandes fraîches, broyez toutes ces substances dans du miel, et faites-en un élegme (*médicament pectoral*) que vous donnez à prendre au malade. Il boira par là-dessus un vin doux. Pour potage : pilez un lekiskion (= 0, 068 l) de pavot blanc, humectez avec de l'eau qui a servi à laver de la farine de blé de l'année ; faites cuire, ajoutez-y du miel ; que le malade prenne ce potage tiède, et qu'il passe ainsi la journée ; puis, considérant ce qui suivra, faites-lui prendre son repas du soir. (*Appendice à Du régime dans les maladies aiguës*)

CHIRURGIE

À côté des traitements proprement médicaux, la collection hippocratique propose diverses opérations chirurgicales ou des pratiques s'y rattachant (comme la saignée et la cautérisation) ; nous comptons dans la chirurgie les soins des fractures et luxations. Voici tout d'abord quelques exemples de « petite chirurgie » :

Vous saignerez dans les maladies aiguës, si l'affection paraît intense, si les malades sont dans la vigueur de l'âge, et s'ils conservent leur force. [...] S'il importe de tirer du sang à un malade, il faut d'abord resserrer le ventre, puis saigner, mettre à la diète et défendre l'usage du vin ; du reste on fera suivre au malade un régime convenable, et on lui ordonnera des fomentations humides. Si le ventre paraît être resserré, il faut prescrire un lavement adoucissant. (*Appendice au Régime dans les maladies aiguës*)

Autre mode de guérison des hémorroïdes : ayez une canule (en cuivre) creuse comme l'*Arundo phragmitis* (roseau), et un ferrement qui s'y adapte exactement ; puis introduisez la canule dans l'anus, et le ferrement chauffé à blanc dans la canule ; vous retirerez fréquemment le ferrement afin que le patient supporte mieux la chaleur. Cette chaleur ne produira pas d'ulcération, et, séchant les veines, les guérira. (*Des hémorroïdes*)

Si un polype s'engendre dans le nez, c'est une affaire de respirer, et la narine fait une saillie de côté. On l'extirpe en le tirant hors du nez dans la bouche avec un lien ; il en est encore que l'on consume à l'aide de médicaments. Le polype est le produit du phlegme. (*Des affections*)

Autre polype : le nez se remplit de chair ; cette chair, au contact, paraît dure ; le malade ne peut respirer par le nez. Les choses étant ainsi, mettez une canule et cautérisez avec trois ou quatre ferrements. Après la cautérisation, introduisez de l'ellébore noir broyé ; après la corruption et la chute de la chair, faites des tampons de lin. enduisez-les de miel et placez-les avec la fleur de cuivre dans le nez. Quand la cicatrisation avance, enduisez de miel les tiges de plomb et introduisez-les jusqu'à guérison. (*Des maladies, Livre II*)

Ce traitement d'une plaie avec du miel et du cuivre n'est pas sans rappeler les pratiques égyptiennes. Tout comme les Égyptiens, les médecins hippocratiques savaient soigner les fractures et les luxations des membres, et ils ont bien mieux décrit leurs pratiques que les Égyptiens ne l'ont fait dans le papyrus de Smith. Une première technique à acquérir est celle du bandage des membres blessés. Elle est détaillée, avec la description des bandes et pansements nécessaires, dans le traité *De l'officine du médecin* :

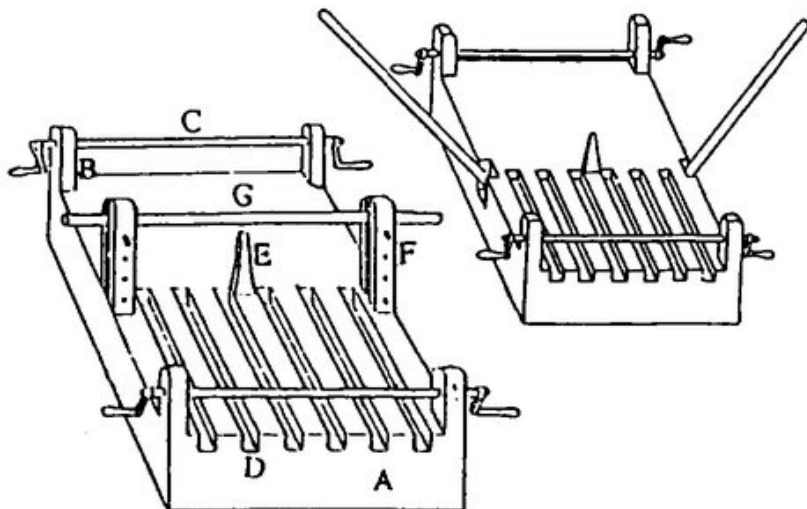
Deux ordres de conditions sont à remplir, pour qu'un bandage soit bon. (*Premier ordre de conditions : la force.*) La force est l'effet ou du degré de constriction, ou de la qualité des bandes. Cette déligation tantôt est par elle-même la chose qui guérit, tantôt seconde l'action des choses qui guérissent. Cette doctrine est la loi. Ce qu'il y a de plus important, quant à la force d'une déligation, c'est la constriction qu'elle exerce et qui doit être telle que les bandes, sans faire de godets, n'étreignent pas les parties, mais qu'elles s'y appliquent exactement, sans toutefois y causer de la douleur, précaution qui, recommandée pour les parties éloignées de la lésion, l'est surtout pour celle où la lésion a son siège. [...] (*Second ordre de conditions d'une bonne déligation.*) On saura que tout bandage s'échappe du côté des parties déclives et de celles qui vont en s'amincissant ; tels sont le haut de la tête et le bas de la jambe. À la droite, on fera marcher le bandage vers la gauche ; à la gauche vers la droite, excepté à la tête où il marchera dans une direction perpendiculaire. [...] Les parties mobiles, telles que les articulations, ne recevront, dans le sens de la flexion, que le moins de pièces d'appareil et les plus étroites, tel est le jarret ; dans le sens de l'extension elles en recevront d'unies et de larges, telle est la rotule. (*De l'officine du médecin*)

La réduction des fractures et luxations est facilitée par des appareils destinés à remettre les os en place, et à les y maintenir. L'encadré 167 donne la représentation de quelques-uns de ces appareils et la manière de s'en servir, tels qu'ils ont pu être reconstitués. L'existence de tels appareils chirurgicaux (et non plus simplement d'outils, comme le bistouri, le trépan, la cuillère, ... qui peuvent être directement dérivés d'instruments de la vie courante, comme le couteau, le poinçon, la scie ou la cuillère) montre le degré de développement qu'avait atteint la médecine grecque, et spécialement la chirurgie, au temps d'Hippocrate.

Pour illustrer la manière dont ces techniques sont mises en œuvre, ou au contraire comment le médecin reconnaît l'impossibilité du traitement, nous donnons ci-dessous quelques exemples concernant la fracture du bras, le pied bot, le déplacement de vertèbres. On peut faire la comparaison avec ce que le papyrus de Smith dit des fractures des membres et du déplacement de vertèbres (encadré 100, tome 1).

167. INSTRUMENTS DE RÉDUCTION DES FRACTURES ET LUXATIONS ET LA MANIÈRE DE S'EN SERVIR

(Réf. : E. Littré)



Deux versions légèrement différentes du « banc d'Hippocrate »

A – Madrier long de 6 coudées, large de 2, et épais de 12 doigts

B – Jambes des treuils, lesquelles sont très courtes

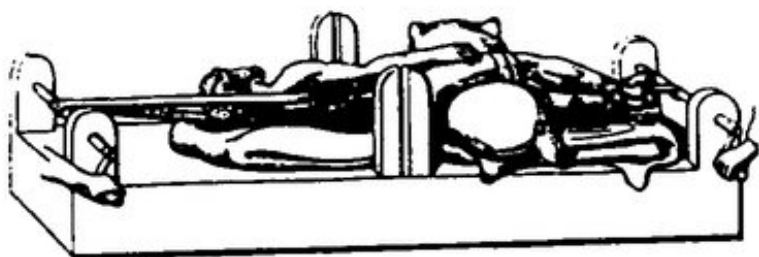
C – Axe des treuils

D – Fosses profondes de 3 doigts, larges de 3, écartées les unes des autres de 4 (servent à glisser des leviers pour agir en différents points du corps du patient)

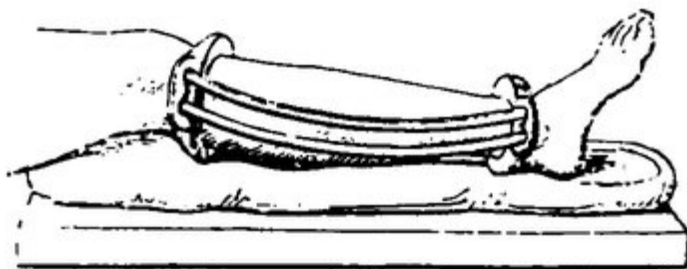
E – Petit pilier enfoncé au milieu de la machine dans une excavation quadrangulaire (est glissé entre les cuisses du patient, contre le périnée, pour l'empêcher de glisser pendant les manœuvres des treuils et leviers)

F – Pilier d'un pied de large

G – Traverse posée sur les deux piliers F, et qu'on peut mettre à des hauteurs diverses à l'aide des trous dont ces piliers sont percés



Trois manières de se servir du banc d'Hippocrate pour remettre en place une cuisse



Appareil pour maintenir en extension une jambe brisée (quatre verges maintiennent les bourrelets écartés)



Remise en place d'un bras luxé (A : pièce de bois, garnie d'un rebord saillant à une de ses extrémités, et destinée à être mise sous le bras luxé)

(*Fracture de l'avant-bras* :) Les deux os n'étant pas cassés à la fois, la cure est plus facile, si l'os supérieur (*le radius*) est fracturé, bien qu'il soit le plus gros ; car d'une part l'os sain, subjacent devient un appui, d'autre part le cal se dissimule mieux, excepté aux environs du carpe, la masse de chair qui est en haut ayant beaucoup d'épaisseur. Au contraire l'os inférieur

(*le cubitus*) est dépourvu de chair, peu caché et a besoin d'une extension plus forte. Si c'est non le cubitus, mais le radius qui a été fracturé, une extension médiocre suffit ; si ce sont les deux os, il est besoin de l'extension la plus forte. [...] Il faut, pendant l'extension, opérer la coaptation (*la remise des os en place*), en appliquant les éminences des mains ; puis oignant le membre avec du cérat. dont la quantité ne sera pas telle qu'elle fasse glisser les pièces de l'appareil, mettre le bandage de manière que la main soit non au-dessous du niveau du coude, mais même un peu au-dessus, afin que le sang n'afflue pas dans l'extrémité et soit intercepté. Ensuite on applique la bande, dont on place le chef sur le lieu de la fracture, ... (*suit la description du bandage*). (*Des fractures*)



Vous connaîtrez que le pansement est bien fait et la déligation régulière, si, interrogé sur la compression qu'il éprouve, le blessé répond qu'il est en effet comprimé, mais modérément, et qu'il l'est surtout à l'endroit de la fracture ; c'est la réponse que doit toujours faire celui dont l'appareil est régulièrement placé. Vous connaîtrez que la compression est convenable, si le jour du pansement et la nuit suivante il se sent serré, non pas moins, mais davantage, et si le lendemain il survient à la main un peu de tuméfaction molle ; tel est le signe qui montre que vous avez serré convenablement. Vers la fin du second jour il doit se sentir moins serré, et le troisième vous devez trouver l'appareil relâché. (*Un deuxième pansement au bout de ce troisième jour. Trois jours après ce deuxième pansement, mettre des attelles*). (*Des fractures*)

(*Déviations du rachis* :) Lorsqu'en tombant, ou par l'effet de la chute d'un corps pesant, on éprouve une déviation du rachis en avant, généralement aucune vertèbre ne se déplace beaucoup (un grand déplacement d'une ou plusieurs cause la mort) ; mais, comme il a été dit auparavant, dans ce cas aussi le déplacement est réparti sur la courbure et non angulaire. Chez ces blessés, l'urine et les selles se suppriment le plus souvent, les pieds et les membres inférieurs en entier sont plus refroidis, et la mort plus fréquente que chez ceux qui ont une déviation en arrière ; et, s'ils échappent, ils sont plus exposés à l'incontinence d'urine, et ont les membres inférieurs plus frappés d'impuissance et de stupeur. Dans le cas où le siège de la déviation en avant approche davantage des parties supérieures, l'impuissance et la stupeur occupent tout le corps. Pour moi, je ne sache aucune machine propre à opérer la réduction de ces incurvations. (*Des articulations*)

(Le pied bot :) Il y a même quelques luxations congénitales qui, si le déplacement est petit, sont susceptibles d'être réduites, surtout celles qui affectent les articulations du pied. Le pied bot de naissance est curable dans la plupart des cas, à moins que la déviation ne soit très considérable, ou que les enfants ne soient déjà grands. Le meilleur est donc de traiter le plus tôt possible cette affection, avant que les os du pied aient souffert une très grande diminution, avant que les chairs de la jambe aient été beaucoup réduites. Il n'y a pas une seule espèce de pied bot ; il y en a plusieurs ; la plupart sont non pas des luxations complètes, mais des déviations du pied en dedans, retenu par une force quelconque dans une attitude constante. Voici les points auxquels il faut faire attention dans le traitement : on repoussera et redressera en dedans l'os de la jambe qui est en dehors de la malléole externe ; par une action contraire, on poussera en dehors la portion du talon qui est dans la direction de la jambe, afin de remettre dans leurs rapports réciproques les os qui font saillie au milieu et sur le côté du pied ; par un mouvement d'arc de cercle, on abaissera en dedans tous les orteils, y compris le gros, et on les assujettira dans cette position. L'appareil sera fait avec du cérat où il y aura une forte proportion de résine, avec des compresses, avec des bandes souples, assez nombreuses, et qu'on ne serrera pas beaucoup. Les tours du bandage marcheront dans le sens du redressement opéré par les mains, de manière que le pied, porté au-delà de sa position naturelle, incline en dehors. On aura une semelle faite ou d'un cuir qui ne soit pas trop dur, ou d'une lame de plomb ; on la fixera non sur la peau même, mais avant de placer les dernières bandes. Le bandage ainsi posé, on coud du côté du petit doigt, aux pièces d'appareil

qui sont à la partie inférieure du pied, le bout d'une des bandes de l'appareil ; puis, la tirant en haut autant qu'on le juge convenable, on la roule au-dessus du mollet, afin que la disposition qu'on lui a donnée soit stable. Bref, il faut, comme si l'on modelait de la cire, ramener à la conformation naturelle les parties déviées et les parties distendues, exercer par le bandage la même action de redressement que par les mains, procéder dans ses manœuvres non avec violence, mais avec douceur, et coudre les bandes suivant la direction où il importe de soutenir la partie ; car le sens où il faut soutenir varie suivant le sens de la lésion. On ajoutera par-dessus le bandage une petite chaussure en plomb, qui sera disposée comme l'étaient les crépides de Chio ; mais on peut s'en passer si l'on sait redresser convenablement les parties avec les mains, appliquer convenablement les bandes et soutenir convenablement le pied. Tel est le traitement ; il n'est besoin ni d'incision, ni de cautérisation, ni d'autres moyens variés ; ces déviations cèdent plus promptement qu'on ne le croirait. Toutefois, il faut adjoindre à l'action du bandage celle du temps, jusqu'à ce que le corps de l'enfant ait grandi dans les attitudes régulières. Quand il s'agira de chauffer l'enfant, la chaussure la plus convenable sera le brodequin appelé brodequin pour la boue ; c'est celle qui cède le moins au pied, et à laquelle le pied cède le plus ; on peut aussi se servir de la chaussure des Crétois. (*Des articulations*)

On a peut-être trouvé cette dernière citation longue et fastidieuse par sa technicité ; elle nous semble toutefois remarquable et montre que les médecins hippocratiques n'hésitaient pas à entreprendre des opérations difficiles et qu'on serait tenté de juger irréalisables au premier abord. Suivant notre classification de la chirurgie hippocratique du simple au difficile, voici une opération plus lourde (et sanglante, quoiqu'il s'agisse d'un cas spécial), l'excision du fœtus, c'est-à-dire le découpage du fœtus mort afin de le sortir de la matrice. Opération dont la collection donne deux descriptions légèrement différentes.

Pour les enfants morts qui ont une jambe ou un bras dehors, le mieux est, si l'on peut, de repousser et faire la version (*c'est-à-dire modifier la manière dont le fœtus se présente en le tournant*) ; si la chose est impossible et que le gonflement survienne, opérer ainsi qu'il suit : fendre la tête avec un bistouri, l'écraser avec le compresseur, afin qu'elle ne cause pas d'embarras, et tirer les os avec la cuiller à os ; alors tirer avec le crochet à embryon, crochet que l'on fixe à la clavicule afin qu'il tienne, tirant non tout à la fois, mais peu à peu, relâchant puis forçant. Quand vous aurez amené cela au-dehors et que le fœtus est aux épaules, couper les deux bras dans les articulations avec les épaules ; cela étant amené, si le reste peut venir, le tirer sans retard. Mais s'il résiste, fendre la poitrine entière jusqu'à la gorge, tout en prenant garde à ne pas couper dans le ventre et à n'y rien mettre à nu ; car l'estomac, les intestins et les matières fécales sortiraient ; et s'il sort quelque'une de ces choses, l'opération devient plus embarrassante ; écraser les côtes, rapprocher les omoplates, et alors le reste du fœtus cheminera sans peine, à moins qu'il n'ait déjà le ventre tuméfié. S'il y a quelque tuméfaction, il vaut mieux percer doucement le ventre de l'embryon ; il n'en sort que du vent, et le corps cheminera ainsi facilement. Quand le bras ou la jambe est sorti, l'enfant étant mort, si la chose est possible, repousser l'un et l'autre et faire la version ; voilà le mieux. Si la chose n'est pas possible, retrancher ce qui est en dehors aussi haut que faire se pourra, et pour le reste, reporter la main, repousser et faire la version par la tête. Quand vous devez faire la version ou la section de l'enfant, les ongles de l'opérateur seront coupés ; le bistouri dont il se servira sera plutôt courbe que droit ; on en cachera l'extrémité avec le doigt indicateur, palpant, guidant et craignant de blesser la matrice. (*Des maladies des femmes, Livre I*)

(*Dans le traité « De l'excision du fœtus », la même opération est décrite, plus brièvement, avec un*

traitement postopératoire consistant en affusions d'eau chaude, onction avec de l'huile, potion de vin doux, de résine et de miel. Il est aussi préconisé : « D'abord mettez un linge autour de la femme, nouez-le au-dessus des mamelles, et jetez-le par-dessus la tête de la patiente, afin qu'elle ne s'effraye pas, voyant ce que vous allez faire. »)

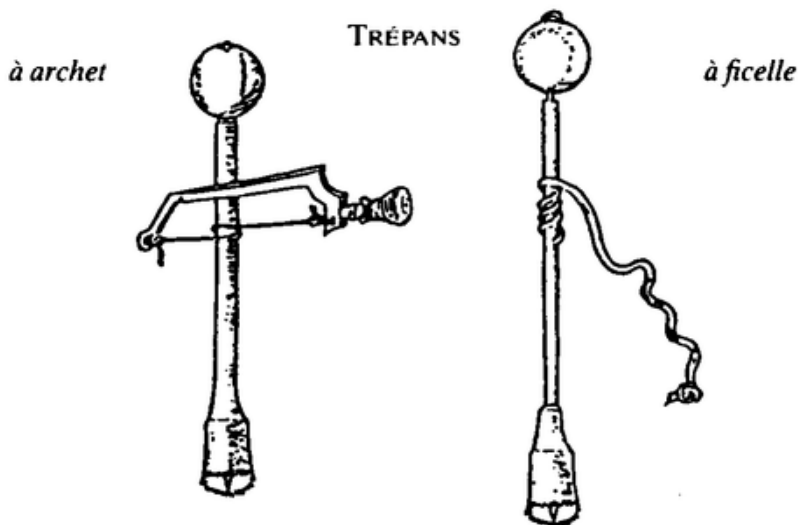
La pierre de touche de la technique chirurgicale, dans l'imaginaire des historiens des sciences à ce qu'il semble, est la trépanation (elle joue pour l'histoire de la médecine antique un peu le même rôle que le théorème de Pythagore dans celle des mathématiques). C'est donc par elle que nous terminerons cette brève présentation de la collection hippocratique. Nous le ferons par un encadré où nous exposerons des cas où la trépanation est nécessaire, pourquoi elle est recommandée, et enfin sa technique telle qu'elle est décrite dans le traité *Des plaies de la tête*. On sait que la trépanation a été pratiquée dès la haute Antiquité (on a retrouvé des crânes très anciens portant des traces de trépanation : un trou dans l'os avec des bords manifestement cicatrisés, et non pas bruts comme les laissent les blessures ayant entraîné la mort) ; mais ce texte est sans doute la première description de sa technique qui en ait été faite par écrit (du moins la plus ancienne à nous être parvenue). Les trépan utilisés à l'époque d'Hippocrate étaient vraisemblablement de petites scies cylindriques, que l'on faisait tourner soit avec une ficelle enroulée sur l'axe, soit avec un archet (encadré 168). La trépanation lors des blessures (de petites dimensions, car les plaies importantes du crâne ne la nécessitaient pas – voir ce qui est dit dans l'encadré 168) visait à empêcher des infections indécélables de se développer à l'intérieur du crâne (c'est ce que le traité évoque) ; mais aussi, sans doute, à permettre un écoulement du liquide céphalo-rachidien et ainsi éviter la compression de l'encéphale par ce liquide après le traumatisme. Rappelons enfin que la médecine ignorait alors les anesthésiques, sinon peut-être l'opium.

168. LA TRÉPANATION

Descriptions de cas (Épidémies, Livre V)

À Larisse, un palefrenier de Palamède, âgé de onze ans. fut blessé par un cheval au front, au-dessus de l'œil droit ; l'os parut n'être pas sain, et il sortit un peu de sang. Le blessé fut largement trépané jusqu'au diploé ; et il fut traité ayant ainsi l'os, traitement qui dessécha la portion sciée tout d'abord. Vers le vingtième jour, une tuméfaction commença auprès de l'oreille, avec fièvre et frisson ; le gonflement était, le jour, plus considérable et plus douloureux ; le mouvement fébrile débuta par un frisson ; les yeux se tuméfièrent ainsi que le front et tout le visage ; le côté droit de la tête était le plus affecté ; cependant la tuméfaction passa aussi du côté gauche. Il n'en résulta rien de fâcheux ; vers la

fin, la fièvre devint moins continue ; cela dura huit jours. Le blessé réchappa : il fut cautérisé, prit un purgatif, et eut des applications médicamenteuses sur le gonflement ; la plaie n'était pour rien dans les accidents. (*Ici, la trépanation est dite s'arrêter au diploé ; ce qui signifie qu'elle n'est pas totale ; elle a sans doute servi seulement à enlever la partie superficielle de l'os qui avait été abîmée par le choc et à éviter l'infection ; elle joue comme un nettoyage en profondeur. La tuméfaction près de l'oreille est sans doute due au gonflement des ganglions lymphatiques, résultat d'une infection que le susdit nettoyage n'a que limitée.*)



À Omilos, une jeune fille d'environ douze ans meurt, au milieu de l'été, d'une plaie à la tête le quatorzième jour. Quelqu'un la frappa avec une porte (*sans doute en refermant une porte sur elle sans la voir*) ; l'os fut contus et fracturé ; les sutures (des os du crâne) étaient dans la plaie. On reconnut avec justesse le besoin de trépanation ; mais on ne trépana pas autant qu'il le fallait ; et dans la portion d'os laissée, du pus se forma. Au huitième jour, frisson ; la fièvre succéda ; l'état n'était pas satisfaisant, la blessée, dans les moments où il n'y avait pas de fièvre, se trouvant comme les jours précédents. Le neuvième jour, on acheva la trépanation ; très peu de pus se montra avec du sang ; la méninge était intacte. À la vérité il vint du sommeil ; mais la fièvre ne lâcha point prise de nouveau ; le spasme saisit le bras gauche, la plaie était en effet à droite. (*Noter la dernière phrase : les médecins avaient déjà remarqué que les lésions du cerveau droit entraînent des troubles à gauche, et réciproquement, du fait du croisement d'une grande partie des éléments nerveux ; cette constatation est faite en plusieurs endroits de la collection.*)

Quand trépaner ?

Fracture du crâne : si l'os est largement brisé, il n'y a pas de danger ; on traitera ce cas par les médicaments humectants. S'il est fracturé de manière à

produire une fêlure, le danger est grand ; on trépanera, afin que l'ichor (*pus*) ne vienne pas, coulant à la fêlure de l'os, corrompre la méninge. Car l'humeur, vu l'étroitesse de la fissure, entre mais ne sort pas, et dès lors cause douleur et délire. Un tel malade doit être trépané et trépané largement, afin qu'il y ait issue et non pas entrée seulement pour l'ichor. On emploiera les médicaments qui attirent à eux l'humide, et on baignera. (*Des lieux dans l'homme*)

Parmi ces modes de lésions (*à la tête*), ceux auxquels le trépan s'applique, sont : la contusion, soit non apparente, soit visible, et la fracture, soit non apparente, soit apparente. De même encore, si, une hédra ayant été produite dans l'os par l'instrument vulnérant, il s'y joint fracture et contusion, ou contusion seulement sans fracture, ce cas réclame le trépan. Mais, quand l'os, arraché de sa position naturelle, est enfoncé, peu dans le nombre de ces cas réclament le trépan ; et plus les os sont enfoncés et rompus, moins le trépan est nécessaire. L'hédra, prise en elle-même, sans fracture ni contusion n'a pas, non plus, besoin de cette opération, ni l'entaille, non plus, si elle est grande et large, car l'entaille et l'hédra sont la même chose. [...] Mais il ne faut pas l'appliquer (*le trépan*) sur les sutures (*des os du crâne*) mêmes ; on s'en écartera, pour faire, dans la portion avoisinante, l'opération, si on la fait. (*Des plaies de la tête*)

(Voir aussi la citation du traité *Des plaies de la tête*, page 369, pour ce qui concerne les diagnostics de fractures du crâne.)

Technique de la trépanation (Des plaies de la tête)

Quant à la trépanation, lorsqu'il est nécessaire d'y recourir, voici ce qu'il faut savoir : Si, ayant pris le traitement dès le commencement, vous pratiquez cette opération, vous ne scierez pas tout d'abord l'os jusqu'à la méninge ; car il n'est pas avantageux que cette membrane soit longtemps dégarnie de l'os et en état de souffrance, il se pourrait que finalement elle devînt fongueuse. Il y a encore un autre danger à enlever tout d'abord l'os scié jusqu'à la méninge, le danger de blesser la membrane pendant la section. Ce qu'il faut faire, c'est, quand il s'en manque de peu que la section soit complète, et quand l'os est déjà ébranlé, de cesser l'opération, et de laisser la pièce d'os se détacher spontanément. Car scier un os sans en achever complètement la section ne pourrait causer aucun mal ; ce qui est laissé est désormais mince suffisamment. [...]

Dans l'opération, on retirera fréquemment le trépan à cause de l'échauffement qu'en reçoit l'os, et on le plongera dans de l'eau froide ; car le trépan, échauffé par sa révolution, échauffant et desséchant l'os, le brûle, et détermine, dans les parties osseuses avoisinant la section, une nécrose plus grande qu'elle ne serait sans cela. [...] Retirez fréquemment l'instrument pour examiner, tout autrement que par la sonde, tout le pourtour de la voie ; car la section est beaucoup plus prompte, quand l'os que l'on coupe est en état ou en

travail de suppuration ; et souvent il se trouve aminci, surtout si la blessure occupe un point de la tête où le crâne est plus mince qu'épais.

CONCLUSION

La collection hippocratique peut facilement apparaître comme un véritable fouillis (et un fouillis de grandes dimensions), où l'on trouve des choses très diverses et parfois contradictoires. La manière dont on l'a présentée risque d'en donner une idée fausse, car il était tentant d'en extraire, pour les citer, les passages les plus intéressants pour notre propos, en laissant dans l'ombre les contradictions, les spéculations fumeuses, etc. Cependant, dans la mesure où il s'agissait de mettre en évidence ce qui, dans ces traités, est caractéristique d'un état d'esprit et d'une orientation générale de la pensée, plutôt que de faire une présentation exhaustive ou un recensement des connaissances proprement médicales déjà acquises, il ne nous semble pas que les pages précédentes soient une trahison. L'abondance des citations se justifie, d'une part, par la qualité des textes, d'autre part, parce qu'elles peuvent ainsi être mises en parallèle avec les textes mésopotamiens et égyptiens correspondants, et permettre une comparaison des médecines.

Par rapport à ces médecines mésopotamienne et égyptienne, le plus remarquable est la totale laïcisation de la médecine hippocratique : les causes des maladies sont naturelles, et les traitements également, jamais on n'y a recours à l'exorcisme ou l'incantation. Cette laïcisation de l'explication correspond à peu près à celle que l'école de Milet a introduite dans la physique et la cosmologie (Cos n'est d'ailleurs pas éloignée géographiquement de Milet, et on trouve les traces de l'influence des physiologues milésiens en plusieurs points des traités hippocratiques). Cette laïcisation implique la recherche d'une explication et donc d'une théorie ne mettant en jeu que des facteurs naturels ; les dieux et démons n'intervenant plus, ce seront le milieu naturel (climat, eaux, air, saisons, ...), l'âge, les activités de l'individu, et un facteur peu explicite bien que naturel : sa constitution (ou complexion).

Si l'on trouve dans la collection quelque chose qui équivaut au caractère milésien, on n'y voit en revanche rien qui rappelle le caractère pythagoricien ; non pas qu'on n'y trouve pas traces de doctrines comme celle d'Alcméon ou de mystique numérique (l'importance du nombre 7 est soulignée dans quelques traités) ; mais l'aspect rationaliste des thèses pythagoriciennes fait défaut. Hippocrate préconise un empirisme rationalisé ; mais il faut bien reconnaître que la plupart de ses critiques vont moins à l'empirisme pur qu'à la spéculation et à la construction de systèmes par le seul raisonnement. La méthode hippocratique fait une très large place à l'empirisme, et, s'il y a en elle quelque rationalisme (ou plutôt rationalité), c'est dans la manière de recueillir les symptômes, de chercher les causes de la maladie, etc., mais pas dans la théorie médicale proprement dite

(la physiologie et l'explication des maladies par cette physiologie). En fait de théorie, il faut bien reconnaître qu'il n'y a guère que des rudiments. Il ne s'agit pas là d'un jugement de valeur car, après tout, la physique et l'astronomie pythagoriciennes sont aussi très rudimentaires, mais ici le caractère rudimentaire tient au refus de la spéculation par Hippocrate (sans compter la difficulté de construire une théorie en biologie et médecine).

La place de la théorie des humeurs est difficile à saisir dans la collection ; elle est certes présentée comme la physiologie et la théorie médicale, mais il est bien difficile de trouver une relation claire entre, d'une part, les explications théoriques des maladies et, d'autre part, les thérapeutiques adoptées. Bien souvent les différents cas et traitements exposés ne mentionnent même pas la théorie des humeurs (qui est pourtant censée expliquer la maladie et justifier le traitement). L'impression générale qui se dégage de la collection est que cette théorie des humeurs est surajoutée à une pratique médicale qui, la plupart du temps, n'en tient pas beaucoup compte. Ce qui pourrait se comprendre puisque la médecine est plus une technique et un art qu'une science, et que ce qu'on demande au médecin c'est de guérir plutôt que d'expliquer ; l'explication ne vaut que par son efficacité dans la mise au point de traitements. Et, en ce domaine, on peut se demander si la théorie des humeurs intervient beaucoup plus que l'explication magico-religieuse des maladies, si les mouvements d'humeurs à provoquer et les démons à chasser n'ont pas la même importance dans l'élaboration du traitement (déjà en Égypte les incantations ne dispensaient pas d'un traitement plus matériel – et empirique –, elles ne pouvaient qu'en renforcer l'efficacité).

À l'exception de la diététique, la médecine grecque n'utilise pas de traitements très différents de ceux de Mésopotamie et d'Égypte (certains en proviennent sans doute). L'examen du malade, l'établissement du diagnostic, prolongent et affermissent une tendance déjà décelable en Égypte. C'est l'explication purement laïque et naturelle de la maladie qui fait rupture avec le passé ; mais cette rupture ne retentit pas dans la thérapeutique de manière très nette (mis à part l'abandon des exorcismes et incantations, qui déjà en Égypte n'avaient plus qu'un rôle d'accompagnement du traitement). Tout se passe comme si la théorie des humeurs remplaçait l'explication magique abandonnée, et comme si ce remplacement servait seulement à combler un vide, comme s'il n'était qu'un « remplissage » n'ayant pas grand rôle à jouer. Les médecins grecs croyaient sans doute en cette théorie, et elle leur semblait avoir une puissance explicative (s'articulant même avec des conceptions physiques plus larges, puisqu'elle est proche de la théorie d'Empédocle) ; mais force est de constater que la théorie ne fait ici que doubler la pratique sans la sous-tendre ; elle est plus un commentaire sur cette pratique qu'une théorie explicative proprement dite. Dans les faits, la pratique médicale repose sur l'empirisme et l'accumulation des observations et expériences de la médecine des temples et des écoles (et sans doute aussi des traditions mésopotamiennes et égyptiennes). Et pourtant cette inépuisable

théorie des humeurs se conservera quasiment inchangée pendant des siècles et des siècles.

¹ Toutes les citations utilisées dans ce chapitre proviennent des *Œuvres Complètes* d'Hippocrate, texte établi et traduit par E. Littré (Paris, 1839-1861). La terminologie médicale d'E. Littré y a été conservée.

Science et démocratie

Si la Mésopotamie et l'Égypte nous ont permis d'explorer ce qu'a dû être la « voie des objets », la Grèce présocratique nous a donné les principaux jalons de celle de « l'esprit scientifique ».

La voie des objets – qui, à elle seule, ne conduit pas à la science, comme le montrent les millénaires mésopotamiens et égyptiens – est sous-tendue par les besoins pratiques ; mais ses meilleures réalisations dépassent ces besoins et ressortissent à la mystique, numérique ou astrologique.

La voie de l'esprit scientifique n'est pas aussi rectiligne. On lui voit trois origines différentes : l'école de Milet qui sort du mythe l'explication de la nature ; l'école pythagoricienne qui invente les mathématiques en tant que telles et essaye de les appliquer à l'étude de la nature ; l'école d'Élée qui exerce une critique radicale vis-à-vis de ces tentatives (spécialement celle de l'école pythagoricienne) et exige une parfaite intelligibilité dans l'explication du monde (ce qui aboutit à une « physico-ontologie » qui se démarque à la fois de la physiologie ionienne et de la mathématique pythagoricienne). Les Pluralistes et les Atomistes font les premières tentatives de synthèse de ces trois courants fondateurs.

Quant à la médecine, elle suit une voie qui lui est propre et qui est celle d'une technique qui se dégage peu à peu de la magie ; ceci dès les civilisations mésopotamienne et égyptienne, et de manière plus marquée avec la collection hippocratique. Cette dernière a abandonné toute explication magique de la maladie et de la thérapeutique. Elle la remplace par une conception « naturaliste » qui emprunte beaucoup à la physique des Milésiens et à celle d'Empédocle. Cependant, les traitements utilisés ne sont pas facilement rattachables à cette conception « naturaliste » (théorie des humeurs), et restent très empiriques. La médecine est alors à un stade de scientificité proche de celui de la voie des objets, une voie des objets qui aurait abandonné la magie et l'aurait remplacée par un empirisme sur lequel est plaquée une théorie analogique importée de la physique. Ce qui équivaldrait à la scientificité de l'école de Milet, antérieure de plus d'un siècle à Hippocrate (niveau qui est toutefois supérieur à celui de la médecine égyptienne où l'explication qui « double » l'empirisme reste magico-religieuse).

Si le progrès dans la voie des objets se justifie par la satisfaction de besoins pratiques (au sens large, y compris l'astrologie dans la mesure où elle est censée satisfaire le besoin de connaître l'avenir en vue d'organiser l'action), le progrès dans la voie de l'esprit scientifique ne se contente pas d'une telle explication (d'autant que les thèses des principales écoles grecques étudiées ici sont

absolument sans applications pratiques immédiates). En l'espace de moins de trois siècles, le monde grec a connu l'invention de l'alphabet, de la monnaie et de la démocratie (avec notamment les lois constitutionnelles). Ces trois événements, bien qu'ils aient chacun leurs explications historiques propres s'articulent avec la naissance de la science (et de la philosophie).

Dans le premier chapitre de la seconde partie nous avons évoqué l'invention de la monnaie, en parallèle à celle de l'alphabet. Avec l'alphabet les Grecs ont complètement et définitivement renoncé à écrire le sens pour ne se consacrer qu'au son (au contraire des écritures idéographiques qui cherchent à noter le sens plutôt que le son). Le système alphabétique ne requiert qu'une convention donnant l'équivalence des sons en lettres. Le principe de la monnaie est un peu comparable. Avant son invention, le commerce reposait sur le troc ou utilisait une « monnaie » comme la tête de bétail, la mesure de grain, le lingot de métal, etc. ; c'est-à-dire que cette « monnaie » était faite d'objets ayant un usage indépendamment du commerce. Il n'en est plus de même avec la monnaie proprement dite, car la pièce de monnaie n'a de rôle que dans les échanges commerciaux (même si le métal dont elle est faite peut avoir un usage extra-commercial). Là encore, il faut une « convention » ; c'est-à-dire le système des prix qui fixe l'équivalence en monnaie des différentes marchandises commercialisées. Le parallèle alphabet-monnaie est donc un parallèle valeur sonore-valeur d'échange et valeur sémantique-valeur d'usage. L'alphabet achève l'évolution de l'écriture dans la séparation de la valeur sonore et de la valeur sémantique. La monnaie achève l'évolution du principe de la marchandise en achevant la séparation de la valeur d'usage et de la valeur d'échange des biens et matériaux. Les évolutions ultérieures dans l'un et l'autre domaine ne seront que des développements des principes alors établis. Un processus comparable se déroula en ce qui concerne le rôle du langage.

L'appréhension du monde était, dans la haute Antiquité, essentiellement mythique et magique ; l'homme participait directement au monde par ses actes et ses rites ; même des techniques très spécialisées comme la métallurgie s'accompagnaient de rituels magico-mystiques et avaient des modèles dans la mythologie (les dieux forgerons, comme Héphaïstos – mais aussi les dieux potiers créant à partir de la boue, etc.). Une telle appréhension ne passe pas par le langage, elle est directement vécue ; le langage ne fait qu'essayer d'en rendre compte par l'élaboration de fables mythiques qui, de manière souvent analogique, expliquent cette expérience vécue en recourant à des dieux et héros dont les aventures (dans un passé indéterminé mais toujours agissant) sont les paradigmes de l'expérience humaine ou des phénomènes naturels.

Peu à peu, cette participation au monde, de directe, va devenir médiate. Le groupe social (de taille réduite) est de moins en moins « autosubsistant », et pratique l'échange avec les groupes voisins, puis de plus en plus lointains. La technique progresse, le rendement s'améliore, le groupe s'élargit. À la consommation directe (alimentation, logement) qui relève de la participation

immédiate au monde, se substitue la consommation de biens qui sont les produits de la technique (agriculture, au lieu de chasse et cueillette ; architecture, au lieu d'abri naturel) ; d'où une première prise de distance par rapport au monde. Parallèlement, le développement du « commerce » introduit et accroît une notion de valeur d'échange des biens (et non plus de consommation directe) ; mouvement qui a son apogée dans l'invention de la monnaie ; d'où une appréhension de moins en moins directe et de moins en moins magico-mythique du monde qui fournit les biens consommés. Le système de la marchandise, avec le couple valeur d'échange-valeur d'usage, se substitue à la conception première où il n'y avait pas une telle séparation et où on ne pouvait même pas réellement parler de valeur d'usage, puisque la consommation des biens y était autant un rite de participation au monde que la satisfaction d'un besoin. Cela ne veut pas dire que les biens alors consommés n'avaient pas d'utilité (quoique cela pût se produire), mais que l'utilité de leur consommation n'était pas séparée du rite de participation au monde, ou, plus exactement, que cette utilité était impliquée (et expliquée) par cette participation au monde, et n'était pas la face « valeur d'usage » d'une marchandise.

Le rôle du langage évolue de manière similaire. À l'origine, le langage se contente d'exprimer par la fable mythique l'expérience vécue de la participation directe au monde ; peu à peu, il s'autonomise et médiatise cette participation au monde. Tout comme le couple valeur d'échange-valeur d'usage se substitue à l'appréhension directe des biens consommés, le couple signifiant-signifié remplace de plus en plus ce qu'il y a de participation directe dans la compréhension du monde. Ce qu'on peut comprendre comme il suit.

Outre sa fonction de communication entre les hommes, le langage joue en tant que mode de représentation ; c'est-à-dire que c'est à travers lui que se fait pour une bonne part la conscience que nous avons du monde. Au début, outre qu'elle ne devait pas être très affinée, cette représentation du monde à travers le langage n'est pas encore vraiment une représentation ; ce qui représente et ce qui est représenté ne sont pas encore bien distingués, ou, plus exactement, leur relation n'est pas perçue comme une symbolisation conventionnelle d'une « chose » (ou un concept, une abstraction) par un mot (ou une forme linguistique). La relation entre le mot et la chose est plus intime ; tous deux sont entremêlés, ressortissant à la même essence. Cette relation est de nature magique, le mot a la même puissance que la chose, on pourrait presque dire qu'il en est l'âme. On sait que c'est encore la conception du langage que se font certaines sociétés primitives. C'est sans doute l'origine de la croyance à la puissance des incantations, de la croyance que la connaissance du nom d'une personne ou d'une chose donne un pouvoir sur elle. Le mot n'est pas alors un simple son associé par convention à une chose ; la distinction du signifiant et du signifié que font les linguistes ne s'applique pas à ce langage premier ; il y a seulement un mot qui participe à la nature (comme l'une de ses forces) et qui est lié à une chose ou une idée par une relation magique.

L'évolution du langage le complexifie et l'affine, le rend plus précis, tant pour la représentation que pour la communication. Mais surtout elle réduit cet aspect de « participation magique » au monde (chez certains peuples, cet aspect se réfugie dans un langage magique et religieux – souvent réservé aux initiés –, qui persiste à côté du langage courant utilisé dans la vie profane). Se met alors en place un système signifiant/signifié, où le rapport du mot à la chose n'est qu'une convention qui n'a rien de magique.

Tout comme la mise en place du couple valeur d'échange-valeur d'usage s'accompagne d'une prise en considération du monde de plus en plus « objective » (c'est-à-dire que ce monde est de plus en plus séparé de l'homme, qui se pose alors comme sujet devant un objet ; car il ne participe à ce monde que de plus en plus indirectement, via la valeur d'usage des choses, leur utilité naturelle ou sociale), cette mise en place du couple signifiant-signifié (qui est indissoluble, et opposé à l'appréhension par la participation magico-mythique) s'accompagne d'une appréhension du monde de plus en plus « objective », langagière et logique. Au lieu de se faire par l'expérience vécue d'une participation directe, cette appréhension du monde passe de plus en plus par l'intermédiaire du signifié (en tant qu'il est l'autre face du signifiant) – tout comme elle passe de plus en plus par la notion de valeur d'usage (en tant qu'elle est l'autre face de la valeur d'échange). Il faut en effet prendre garde à ne pas considérer le signifié comme donné en lui-même ; cette notion de signifié ne vaut que dans le système signifiant-signifié du langage. Ce n'est pas que la signification ne préexiste pas à ce système, c'est qu'alors elle relève de la participation directe au monde (une expérience vécue et non une représentation langagière). L'évolution du langage, en imposant ce système signifiant/signifié, va séparer le monde et l'homme, en ce que la signification n'est plus une expérience vécue de participation au monde, mais qu'elle est médiatisée par des mots qui ont perdu le pouvoir magique du langage premier.

La forme ultime de ce processus évolutif (si elle était possible) serait une appréhension du monde complètement indirecte, complètement médiatisée par le langage, un monde où il n'y aurait plus que des signifiés et des signifiants, où toute la signification serait structurée en signifiés selon la grammaire des signifiants ; un monde qui aurait pris la place du monde de la participation directe, magique et mystique, et dans lequel toute l'expérience vécue serait dicible, exprimable linguistiquement et purement intelligible. Cette forme ultime est bien évidemment impossible (tout comme sa symétrique : un monde où la participation de l'homme serait si directe qu'il y serait complètement immergé et « comme l'eau est dans l'eau », en parfaite continuité au lieu d'une séparation-relation du type sujet/objet ; un âge d'or primitif, qui serait l'inverse d'un âge d'or symétrique, où l'homme serait complètement séparé d'un monde qu'il maîtriserait totalement sans y participer, ou alors de manière complètement médiate). Cette forme ultime est donc impossible, mais elle est bel et bien la forme idéale visée par le monde occidental contemporain. C'est celle que Parménide posait comme voie de la vérité ; celle d'une parfaite intelligibilité (plus

encore que d'une parfaite rationalité) : une compréhension du monde parfaitement discursive, et non plus son appréhension par une participation directe exprimée de manière plus ou moins analogique par une fable mythique. Pour Parménide, cette discursivité se fonde sur une logique langagière ; Aristote usera d'une logique plus élaborée ; Platon préférera la géométrie (Galilée aussi)¹.

L'écriture alphabétique, la monnaie et cette volonté de saisir le monde à travers le langage sont des événements proches parents. Ils sont également tous trois les aboutissements de processus évolutifs engagés depuis longtemps (la tendance de l'écriture à devenir de plus en plus phonétique, le développement du commerce, la participation de l'homme au monde de moins en moins directe avec, en corollaire, la séparation de la vie profane et de la vie religieuse, et le rétrécissement de celle-ci en quelques rites et croyances « spécialisés » – au lieu que la vie même soit un rite de participation au monde dans tous ses aspects). Ces trois événements ont eu lieu dans le monde égéen, et dans un laps de temps assez court au regard des siècles qui les ont précédés (presque trois mille ans de civilisations mésopotamienne et égyptienne). Et ils ont été suivis d'un extraordinaire développement de la pensée philosophique et scientifique. Il est bien peu probable que leur rapprochement dans le temps et l'espace avec cet épanouissement intellectuel soit fortuit.

Un quatrième événement qui se produit en ces temps et lieux est l'avènement de la démocratie, avec notamment les lois constitutionnelles qui régissent le pouvoir (qui, jusque-là, régissait par des lois ou de manière arbitraire, sans être régi lui-même). Cet événement doit sans doute être relié aux trois autres. Il est bien difficile de déterminer de manière irréfutable les relations entre eux. Les uns sont-ils les causes des autres ? Sont-ils tous quatre les manifestations d'un même courant de pensée (qu'il faudrait alors expliquer) ? Leurs relations sont-elles plus subtiles ?

L'évolution de l'écriture vers la notation totalement phonétique qu'est l'alphabet a son moteur propre, qui est la précision, la souplesse et la facilitation. À quoi s'ajoutent sans doute (au moins pour l'alphabet consonantique phénicien) des facteurs liés au commerce, comme la nécessité d'écrire plusieurs langues avec une même écriture. L'évolution du commerce vers la monnaie a également son moteur propre, en ce que cette monnaie facilite les transactions qui, à l'époque, sont en plein développement. L'avènement de la démocratie est plus délicat à expliquer ; il doit se comprendre à partir de particularités historiques grecques : de petites communautés relativement isolées, les facteurs militaires évoqués dans le chapitre I de la seconde partie (les nouveaux armements, l'organisation de l'armée, la participation au pouvoir des membres de cette armée), les facteurs économiques (le peu de terres, la difficulté qu'a la cité à s'accroître en taille et population qui en résulte), la difficulté qu'aurait une monarchie à se maintenir très longtemps dans un cadre si étroit, etc. Ces événements ont donc des causes historiques qui sont décelables, même si on ne peut pas toujours bien les cerner. L'appréhension du monde à travers le langage a des causes bien moins

immédiates ; la formulation qu'en donne Parménide dans la voie de l'être est l'achèvement d'une évolution de la pensée, dont les étapes précédentes sont les thèses des Milésiens, des Pythagoriciens et de Xénophane ; on ne peut cependant pas considérer ces étapes comme les causes de la pensée de Parménide, tout juste comme des points d'appui qu'elle utilise (parfois en les critiquant).

Chercher les causes de cette pensée n'est en aucune manière remettre en cause le génie du penseur ; d'autant plus que les « causes » d'une pensée ne sauraient être comprises comme un déterminisme physique. On pourrait dire, puisqu'on reconnaît une relation entre l'appréhension du monde à travers le langage et ces autres événements évoqués, que cette appréhension est en quelque sorte la cristallisation de ceux-ci, qu'elle les comprend et en même temps les dépasse, en ce qu'elle en est l'expression la plus générale. L'alphabet, la monnaie et la démocratie ressortissent au même principe, principe exprimé dans toute sa généralité par l'appréhension du monde à travers le langage (principe d'intelligibilité qui préfigure celui de rationalité).

Parménide vivait dans un monde qui connaissait l'alphabet, la monnaie et la démocratie ; mais qui les connaissait depuis assez peu de temps pour qu'ils ne soient pas encore devenus invisibles aux yeux des hommes. Lorsqu'il présente la voie de la vérité avec son exigence d'intelligibilité de la nature, il ne fait guère qu'étendre à celle-ci un principe déjà en œuvre dans l'écriture alphabétique, la monnaie et la démocratie. Le travail de la pensée est souvent obscur, et il est bien peu probable que Parménide ait saisi la démarche de la sienne.

Le facteur prédominant dans cette évolution de la pensée vers l'exigence d'intelligibilité (l'appréhension du monde à travers le langage) est sans doute la démocratie et les lois constitutionnelles. L'alphabet et la monnaie peuvent assez facilement passer pour des outils ; le cadre politique est beaucoup plus marquant pour la conception que l'homme se fait du monde (de manière directe, en ce que la démocratie fera pencher vers les lois naturelles, la monarchie et le despotisme vers une nature soumise à l'arbitraire des dieux ; mais aussi de manière plus subtile).

La notion de lois constitutionnelles est ici fondamentale. Les relations des citoyens avec le pouvoir politique passent par ces lois et sont appréhendées « rationnellement » à travers elles, tandis que les rapports des sujets au monarque sont des rapports bruts de pouvoir, rapports qui sont vécus plutôt que raisonnés, et qui sont expliqués par le mythe (par exemple, le pharaon égyptien est un dieu, ou le fils d'un dieu). Les relations des citoyens entre eux passent également par des lois (constitutionnelles, ou touchant la justice, le travail, le commerce, ...) devant lesquelles ils sont égaux (encore qu'en Grèce une telle égalité ne concernait en fait qu'une partie des habitants de la cité ; en étaient exclues diverses couches, plus ou moins importantes selon les époques et les cités). Les relations des sujets d'un monarque entre eux passent aussi par de telles lois, mais de manière moindre (l'égalité devant ces lois n'existant pas, en outre) ; une bonne partie des relations que ces sujets ont entre eux est régie par des principes de castes (souvent d'origine professionnelle) ressortissant au tabou et à la mystique.

Dans les deux cas (rapports au pouvoir politique, rapports des membres de la société entre eux), la démocratie s'éloigne d'une participation à la société vécue de manière directe et brute, et y substitue une participation raisonnée et médiatisée par des lois (notamment les lois constitutionnelles qui régissent le pouvoir politique).

On peut s'étonner d'une telle affirmation, en ce que la démocratie est comprise, au contraire, comme la participation de tous les citoyens à la vie politique (soit directement, soit par des représentants élus). Il faut donc bien préciser qu'il ne s'agit pas ici d'une participation au pouvoir politique, mais de la manière dont l'individu conçoit son appartenance au groupe social. En monarchie antique l'individu vit sa position dans le groupe social de manière directe, au lieu que dans la démocratie il la raisonne à travers des lois. Dans un cas, cette position dans le groupe social est comprise dans le processus de participation directe au monde, expérience vécue avec une connotation mystique et magique ; la société n'est pas séparée du reste du monde, à l'ordre duquel elle ressortit. Dans l'autre cas, la position dans le groupe social est conçue de manière objective et rationnelle, par les lois mais aussi les facteurs économiques (dont les lois tiennent souvent compte, puisque la citoyenneté dépend parfois de la richesse des individus) ; la société est séparée du reste du monde, séparée de la nature (à laquelle l'homme ne participe plus directement, mais de manière médiate). Si la démocratie peut incliner vers une conception où la nature est régie par des lois plutôt que par l'arbitraire des dieux, elle sépare la société et la nature, et ne saurait confondre les lois de l'une et celles de l'autre (alors que le monarque, qui régit la société, participe de la divinité qui régit la nature). En résumé, la démocratie se comprend bien comme une réduction de la participation directe au monde, interposant un système de lois et introduisant la séparation entre la société et la nature au sein du monde. La société est alors appréhendée par l'intermédiaire du « social » (opposé au « naturel »), par les lois et les facteurs économiques ; elle ne ressortit plus à l'expérience vécue « expliquée » de manière magico-mythique (les castes, les tabous, la divinité du monarque, etc.).

La société se trouve séparée de la nature – ou, plus exactement, le monde se trouve scindé en deux domaines, la nature et la société, dont l'un ne dépend plus que des lois humaines (encore que la tragédie grecque soit là pour montrer la précarité de cette scission). Cette modification de la place de l'homme dans le monde retentit nécessairement sur la conception qu'il se fait de celui-ci. Le mythe – qui explique tant la société que la nature, et la place qu'y a l'homme – se trouve mis en cause ; soit plus ou moins naturalisé (école de Milet), soit remplacé par une nouvelle mystique (la mystique numérique des Pythagoriciens, qui préexistait sans doute sous une forme ésotérique dans les mystères ; le monothéisme de Xénophane).

Ce double aspect politique et religieux se manifeste dans le fait que la plupart des penseurs de cette époque ont eu une activité politique et/ou des difficultés avec les religions instituées de la cité. Thalès, Parménide, Zénon, Pythagore, Archytas, Hippias, Critias, ... ont été directement mêlés à la vie politique et

certains d'entre eux furent des législateurs (Parménide, par exemple, passe pour avoir donné ses lois à Élée). Héraclite, Pythagore, Xénophane, Anaxagore, Protagoras, ... se sont mêlés de religion, et certains d'entre eux furent exilés pour impiété (Anaxagore, Protagoras, par exemple). Ce qui nous apparaît aujourd'hui comme activités philosophiques ou scientifiques n'était pas alors dissocié d'une réflexion sur la politique et la religion, sur la place de l'homme dans le monde (la société et la nature). Et c'est très largement au sein de cette réflexion qu'il faut comprendre les balbutiements de la pensée rationnelle qui se veut telle. La naissance de l'esprit scientifique tient plus à ces mouvements de pensée à la fois politiques et religieux (souvent opposés entre eux, que l'on songe par exemple à Pythagore et Empédocle, l'un prônant l'aristocratie, l'autre la démocratie) qu'au perfectionnement empirique des techniques.

Le mérite de Parménide serait d'avoir su cristalliser tout ce mouvement (dont il n'a sans doute pas saisi l'unité en ces termes, si même il a pu avoir conscience de l'une ou l'autre de ses facettes) en une seule exigence, celle de l'intelligibilité du monde. Ce qu'il a largement compris comme appréhension de ce monde à travers le langage. Il y a ce dont on peut parler, et ce dont on ne peut pas parler, l'être et le non-être.

On ne peut réduire l'esprit scientifique à l'appréhension du monde à travers le langage ; mais une telle appréhension est la condition nécessaire à cet esprit, c'est celle de l'intelligibilité et, en partie, de la rationalité (*logos* est, en grec, aussi bien la parole, le langage, le calcul et la proportion que la raison et la faculté de raisonner). Comme on ne peut guère parler de méthode expérimentale dans les siècles qui nous intéressent ici, cette exigence d'intelligibilité (qui fut celle de Parménide, mais aussi celle interne aux mathématiques pythagoriciennes – ou, du moins, à une partie de celles-ci) est la forme première de cet esprit ; même si elle a pu parfois dégénérer en une « ivresse linguistique ».

Pour autant qu'on puisse en juger, le mouvement d'évolution qui devait amener le langage de simple « traduction de l'expérience vécue » (à supposer qu'il ait jamais eu ce simple rôle à l'état pur) au statut d'intermédiaire formellement structuré à travers lequel le monde est appréhendé, était amorcé depuis bien longtemps ; mais ce sont les Grecs des VI^e et V^e siècles av. J.-C. qui l'ont mené à son terme, et qui ont fait d'une telle appréhension un idéal de vérité. Cette évolution du rôle du langage a sans doute son moteur propre (particulièrement complexe puisqu'il doit comporter des facteurs purement linguistiques, des facteurs psychologiques et socioculturels) ; mais c'est le mouvement de pensée inhérent à la démocratie qui est à l'origine de sa reconnaissance et de la manière dont il est porté à son terme et assimilé à la vérité.

Sont en effet inhérents à la démocratie les principes de la discussion et de la dialectique (dont on attribue la paternité à Zénon). Ici encore, ce n'est pas qu'en Grèce, ni seulement aux VI^e et V^e siècles av. J.-C., que l'on a discuté et cherché à convaincre ; mais c'est là et à cette époque que l'intelligibilité et la persuasion par le discours ont été élevées au rang de critères absolus de la vérité à la place de

l'autorité du monarque et du prêtre. On peut le comprendre de manière simple en disant que, si au départ ce furent l'organisation de la cité et ses lois qui étaient soumises à la discussion, bientôt tout, même les dieux², devra passer cette épreuve du discours et de l'intelligibilité. Une telle extension à l'ensemble du monde de ce qui était à l'origine propre à l'organisation sociale, résulte de la mise en question de la place de l'homme dans la société, et la séparation de celle-ci de la nature qu'entraînent les principes de la démocratie.

On ne doit cependant pas imaginer que cette naissance de l'esprit scientifique, l'exigence d'intelligibilité et de rationalité, l'appréhension du monde à travers le langage, sont de pures et simples conséquences de l'invention de la démocratie. Cette démocratie aurait tout aussi bien pu n'engendrer qu'une activité législative, sans aucune contrepartie philosophique et scientifique (comme ce sera le cas pour le droit romain). Interviennent ici les apports de la « voie des objets », les apports de la Mésopotamie et de l'Égypte – dont les relations avec le monde grec vont en s'accroissant à cette époque. Ces civilisations donnent à la Grèce la moisson de plus de deux millénaires d'observations et de « connaissances positives », tant mathématiques qu'astronomiques et médicales. Tout un savoir que les Grecs pourront reprendre en en modifiant l'esprit. Il y a plus ici que la simple confluence de deux voies, car l'esprit scientifique propre aux Grecs ne se serait sans doute jamais développé sans ce matériau à travailler.

La voie des objets a pu nous paraître mineure comparativement à celle de l'esprit scientifique ; c'est néanmoins sur la première que la seconde, à défaut de s'enraciner, se greffe. C'est sur ses apports que les écoles milésienne et pythagoricienne se sont fondées, et c'est dans ces écoles que Parménide trouvera matière à critiquer. S'il y a un « miracle grec », ce n'est pas celui de l'apparition *ex nihilo* de la science et de la philosophie, ce serait celui de la reprise des connaissances mésopotamiennes et égyptiennes dans un nouvel esprit propre à la démocratie.

En résumé, et pour conclure, nous verrions la « naissance de la science » – ou plutôt son embryogenèse car elle ne cesse de naître – dans la conjonction des apports mésopotamiens et égyptiens (non scientifiques dans l'esprit, mais riches en connaissances de toutes sortes) et des principes issus de la démocratie grecque. Sans ces principes, les connaissances mésopotamiennes et égyptiennes n'auraient jamais pu devenir scientifiques, par leur simple amélioration empirique ; mais sans ces connaissances, les principes issus de la démocratie grecque auraient pu se limiter au domaine législatif, n'ayant pas un autre matériau à travailler.

C'est donc profondément limiter la conception scientifique que d'en faire la fille des techniques (parfois pour justifier sa mise au service de celles-ci), de ne la considérer que d'un point de vue empirique. À l'origine, l'esprit scientifique se confond avec la philosophie fondatrice d'une bonne partie de la pensée occidentale, une philosophie de l'intelligibilité. Le reconnaître n'est pas faire œuvre de scientiste, c'est en reconnaître les limites, celles que peut-être Parménide avait perçues lorsque, mesurant la voie de la vérité et la trouvant bien

courte, il lui adjoignit une voie de l'opinion.

1 Cette longue digression sur la monnaie et le langage est très librement inspirée de J. Baudrillard, *Pour une critique de l'économie politique du signe*, Paris 1972 ; voir aussi B. Jurdant, *Écriture, Monnaie et Connaissance*, Thèse, Strasbourg 1984.

2 La croyance brute (vécue) ne suffit plus, il faut une justification (raisonnée) des dieux par la théologie.

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

(Ordre alphabétique, les dates indiquées sont celles des éditions que nous avons consultées.)

- AMOURETTI M.C. et RUZE F, *Le monde grec antique*, Paris 1978
- ANDRÉ-LEICKNAM B. et ZIEGLER C., *Naissance de l'écriture* (catalogue de l'exposition du même nom au Grand-Palais), Paris 1982
- ARISTOTE, *Histoire des Animaux* (trad. P. Louis), Paris 1969
- ARISTOTE, *Métaphysique* (trad. J. Tricot), Paris 1981
- BACCOU R., *Histoire de la science grecque, de Thalès à Socrate*, Paris 1951
- BACCOU R., *Hippocrate, médecin d'hier et d'aujourd'hui*, Paris 1970
- BAUDRILLARD J., *Pour une critique de l'économie politique du signe*, Paris 1972
- BECKER F., *Histoire de l'astronomie*, Paris 1954
- BECKER O. et HOFMANN J., *Histoire des mathématiques*, Paris 1956
- BOLLACK J., *Empédocle* (4 vol.), Paris 1965
- BOURGEY L., *Observation et expérience chez les médecins de la collection hippocratique*, Paris 1953
- BREASTED J.H., *The Edwin Smith Surgical Papyrus*, Chicago 1930
- BRIARD J., TETRY A. et VIEL R., *La préhistoire*, Paris 1977
- BRUINS E.M. et RUTTEN M., *Textes mathématiques de Suse* (Mémoires de la mission archéologique en Iran, tome XXXIV), Paris 1961
- BRUN J., *Les présocratiques*, Paris 1982
- BURNET J., *L'aurore de la philosophie grecque* (trad. A. Reymond), Paris 1919
- CAVEING M., *Constitution du type mathématique de l'idéalité dans la pensée grecque* (Thèse 1977 -3 vol.), Lille 1982
- CAVEING M., *Zénon d'Élée, Prolégomènes aux doctrines du continu (Étude historique et critique des Fragments et Témoignages)*, Paris 1982
- CHABOT L., *Histoire de nos écritures*, Paris 1983
- CHACE A.B., MANNING H.P., BULL L. and ARCHIBALD R.C., *The Rhind Mathematical Papyrus*, Oberlin, Ohio (USA) 1929
- CHADWICK J., *Le déchiffrement du linéaire B*, Paris 1972
- CHAIGNET A., *Pythagore et la philosophie pythagoricienne* (2 vol.), Paris 1873
- COHEN M., *La grande invention de l'écriture et son évolution* (3 vol.), Paris 1958
- COHEN M. et MEILLET A. (sous la dir.), *Les langues du monde* (ouvrage collectif), Paris 1952
- COHEN R., *La Grèce et l'hellénisation du monde antique*, Paris 1934
- COLLETTE J.-P., *Histoire des Mathématiques* (2 vol.), Ottawa 1973-1979
- CONTENAU G., *La médecine en Assyrie et en Babylonie*, Paris 1938
- CONTENAU G., *Les civilisations anciennes du Proche-Orient*, Paris 1960

- COUDERC P., *Le calendrier*, Paris 1961
- COUDERC P., *Histoire de l'astronomie*, Paris 1974
- DAUMAS M. (sous la dir.). *Histoire de la science*, Paris 1957
- DAUMAS M. (sous la dir.). *Histoire générale des techniques* (tome 1 : *Les origines de la civilisation technique*, G. Contenau : *La Mésopotamie*, J. Deshayes : *Les techniques des Grecs*, G. Doyon : *L'Égypte*), Paris 1962
- DELAPORTE J., *Les peuples de l'Orient méditerranéen*, tome 1 : *Le Proche-Orient asiatique*, Paris 1948
- DELORME J., *Les grandes dates de l'Antiquité*, Paris 1962
- DELORME J., *Chronologie des Civilisations*, Paris 1969
- DESANTI J.-T., *Une crise de développement exemplaire : la découverte des nombres irrationnels* (dans *Logique et Connaissance Scientifique*, sous la direction de J. Piaget), Paris 1973
- DIOGÈNE LAËRCE, *Vie, doctrines et sentences des philosophes illustres*, (trad. R. Genaille) (2 vol.), Paris 1965
- DRIOTON E. et VANDIER J., *Les peuples de l'Orient méditerranéen*, tome 2 : *L'Égypte*, Paris 1962
- DUMONT J.-P. (trad. et présentation), *Les Sophistes, fragments et témoignages*, Paris 1969
- DUMONT J.-P. (sous la dir. de). *Les Présocratiques*, Paris 1988
- EBBEL B., *The papyrus Ebers*, Copenhagen 1937
- EISENLOHR A., *Ein mathematisches Handbuch des alten Aegypter (pap. Rhind)*, Berlin 1877
- EISLER R., *L'origine babylonienne de l'alchimie* (Revue de Synthèse historique, tome XLI), Paris 1926
- ERMAN A. et RANKE H., *La civilisation égyptienne*, Paris 1963
- EVANS A.J., *Scripta Minoa* (vol. 1), Oxford 1909
- FARRINGTON B., *La science dans l'Antiquité*, Paris 1967
- FÉVRIER J., *Histoire de l'écriture*, Paris 1959
- FINLEY M., *Les premiers temps de la Grèce (l'âge du bronze et la période archaïque)*, Paris 1973
- FOURNIER R., *La médecine égyptienne des origines à l'école d'Alexandrie*, (Thèse médecine), Bordeaux 1933
- GARDINER A., *Égyptian Grammar*, Londres 1966
- GELB I.J., *Pour une théorie de l'écriture*, Paris 1973
- GILLE B., *Les mécaniciens grecs. La naissance de la technologie*, Paris 1980
- GLANVILLE S.R.F., *The Mathematical Leather Roll in the British Museum* (Journal of Egypt. Archacol., vol. XIII, pp. 232-239), Londres 1927
- GLOTZ G., *La civilisation égéenne*. Paris 1952
- GLOTZ G., *La cité grecque*, Paris 1968
- GOODY J., *La raison graphique (la domestication de la pensée sauvage)*, Paris 1979
- GRAVES R., *Les mythes grecs*, Paris 1967
- GRIFFITH F.L., *Hieratic papyrii from Kahun and Gurob*. Londres 1898
- GRMEK M., *Les maladies à l'aube de la civilisation occidentale*, Paris, 1983

- GUERAUD O. et JOUGUET P., *Un livre d'écolier du III^e siècle av. J.-C.* (Publications de la Société Royale Égyptienne de Papyrologie, Textes et Documents II), Le Caire 1938
- GUITEL G., *Histoire comparée des numérations écrites*, Paris 1975
- HATZFELD J., *Histoire de la Grèce ancienne*, Paris 1968
- HAVELOCK E.A., *Aux origines de la civilisation écrite en Occident*, Paris 1981
- HEATH T., *A History of Greek Mathematics* (2 vol.), New York 1981
- HÉRACLITE, *Fragments* (trad. et présentation A. Jeannière), Paris 1977
- HÉSIODE, *Théogonie, Les Travaux et les Jours, Le Bouclier* (traduction P. Mazon), Paris 1982
- HIGOUNET C., *L'écriture*, Paris 1959
- HIPPOCRATE, *Ceuvres complètes* (trad. et présentation par Émile Littré, 10 volumes), Paris 1839-1861
- IFRAH G., *Histoire universelle des chiffres*, Paris 1981
- JARDE A., *La Grèce antique et la vie grecque*. Paris 1937
- JÉQUIER G., *Histoire de la civilisation égyptienne*, Paris 1930
- JURDANT B., *Écriture, Monnaie et Connaissance*, Thèse Strasbourg 1984
- KRAMER S.N., *L'histoire commence à Sumer*, Paris 1957
- LABAT R., *Manuel d'épigraphie akkadienne*, Paris 1948
- LABAT R., *Traité akkadien des diagnostics et pronostics médicaux*, Leiden 1951
- LABAT R., *La médecine babylonienne* (Les conférences du Palais de la Découverte, série D n° 22), Paris 1958
- LABAT R., *Un calendrier babylonien des travaux, des signes et des mois*, Paris 1965
- LAFFORGUE G., *La haute Antiquité. L'Asie occidentale*, Paris 1979
- LECA A.-P., *La médecine égyptienne au temps des pharaons*, Paris 1971
- LEFÈBVRE G., *Grammaire de l'Égyptien classique*. Le Caire 1955
- LEFÈBVRE G., *Essai sur la médecine égyptienne*, Paris 1956
- MASPÉRO G., *Histoire ancienne des peuples de l'Orient*, Paris 1917
- MICHEL P.H., *De Pythagore à Euclide*, Paris 1950
- MORENZ S., *La religion égyptienne*, Paris 1962
- MUGLER C., *Article « Calcul » du Dictionnaire archéologique des techniques*, Paris 1963
- NEUGEBAUER O., *Astronomical cuneiform texts* (3 vol.), Londres 1955
- NEUGEBAUER O. and PARKER R.A., *Egyptian astronomical texts (I – The Early Decans ; II – The Ramesside Star Clocks)*, Providence, Rhode Island (USA) 1960-1964
- NEUGEBAUER O. and SACHS A., *Mathematical cuneiform texts*, New Haven, Connecticut (USA) 1945
- PARKER R.A., *The calendars of Ancient Egypt*. Chicago 1950
- PARKER R.A., *Demotic Mathematical Papyri*, Londres 1972
- PARMÉNIDE, *Le poème* (trad. et présentation J. Beaufret), Paris 1984
- PÉTROVIC A., *Types d'explication dans les sciences biomédicales et en médecine* (dans *L'explication dans les Sciences de la Vie*, sous la direction de H. Barreau), Paris 1983

- PLATON, *Timée* (trad. E. Chambry), Paris 1969
- PLATON, *Théétète-Parménide* (trad. E. Chambry), Paris 1967
- RAMNOUX C., *Héraclite, ou l'homme entre les mots et les choses*, Paris 1968
- REY A., *La science dans l'Antiquité : 1 – La science orientale avant les Grecs ; 2 – La jeunesse de la science grecque ; 3 – La maturité de la pensée scientifique en Grèce ; 4 – L'apogée de la science technique grecque (Les sciences de la nature et de l'homme, les mathématiques d'Hippocrate à Platon) ; 5 – L'apogée de la science technique grecque (L'essor des mathématiques)*, Paris 1930, 1933, 1939, 1946, 1948
- REYMOND A., *Histoire des sciences exactes et naturelles dans l'Antiquité gréco-romaine*, Paris 1955
- RIVAUD A., *Le problème du devenir et la notion de matière dans la philosophie grecque*, Paris 1905
- ROBIN L., *La pensée grecque et les origines de l'esprit scientifique*, Paris 1973
- RUTTEN M., *La science des Chaldéens*, Paris 1970
- SANDARS N.K., *Les peuples de la mer*, Paris 1981
- SAUVAGE M., *Parménide, ou la sagesse impossible*. Paris 1973
- SCHACK-SCHACKENBURG H. von, *Der Berliner Papyrus* (Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde, vol. 38. pp. 135-140), Leipzig 1900
- SIGERIST H.E., *A History of Medicine* (vol. 1 et 2), Oxford 1967
- TANNERY P., *Pour l'histoire de la science hellène*, Paris 1887
- TATON R. (sous la dir.), *Histoire générale des sciences* (tome 1 : *La science antique et médiévale – Égypte : G. Lefebvre, J. Vercoutter. J.F. Porge – Mésopotamie : R. Labat, R. Caratini ; E.M. Bruins – Grèce : P.H. Michel, C. Mugler, J. Itard, P. Louis, L. Bourgey*), Paris 1966
- TATON R., *Histoire du calcul*, Paris 1946
- THIVEL A., *Cnide et Cos ? (Essai sur les doctrines médicales dans la collection hippocratique)*, Paris 1981
- TOURAEFF B., *The Volume of the Truncated Pyramid in Egyptian Mathematics* (Ancient Egypt, part. III, pp. 100-102). Londres 1917
- TULARD J., *Histoire de la Crète*, Paris 1969
- VERNANT J.P., *Mythe et pensée chez les Grecs*, Paris 1965
- VERNANT J.P., *Les origines de la pensée grecque*, Paris 1981
- VOILQUIN J., *Les penseurs grecs avant Socrate*, Paris 1964
- WEIGALL A., *Histoire de l'Égypte ancienne*, Paris 1968
- ZAFIROPULO J., *Anaxagore de Clazomènes*, Paris 1948

INDEX DES TOMES 1 et 2

Les chiffres en gras renvoient aux encadrés.

A'H-MOSE : tome 1 : 229, 236, 242, 254.

ABIL-ISTAR : tome 1 : 158.

Abondant (nombre) : tome 2 : 137.

ABRAHAM : tome 1 : 23, 34, 42.

Académie : tome 2 : 47, 55, 56, 184, 186, 200.

Achille (argument de l') : tome 2 : 276-279.

Acousmate. Acousmaticien : tome 2 : 128.

ACRON : tome 2 : 357.

Acrophonique (numération) : tome 2 : 31-33, 133.

Addition : tome 1 : 64, 65, 78, 79, 141, 147, 219-221, 226 ; tome 2 : 30, 36, 271, 280.

AÉTIUS : tome 2 : 53, 56, 62, 82, 93, 94, 108, 110, 203, 222, 223, 226, 234, 235, 243, 254, 266, 295, 311, 313, 317, 319, 326, 337, 351.

Agriculture : tome 1 : 21, 33, 44, 45, 160, 165, 166, 167, 189, 201, 267, 282, 283 ; tome 2 : 16, 41, 42, 50, 321, 347, 422.

Agrimenseurs (formule des) : tome 1 : 100, 101, 243, 244, 246, 247.

Alla (problème) : tome 1 : 236, 240.

Air : tome 1 : 209, 264, 290, 291, 300 ; tome 2 : 72, 73, 80-82, 85-87, 90, **93-102, 106, 107**, 108, 112-114, 117, 125, 178, 203, 205, 209, 215, 216, 219, 232, 233, 236, 241, 244, 248, 249, 253, 260, 273, 275, 284, 294-296, **298-300**, 306-308, 312, 314, **316-319, 321-327, 329-333**, 335, 336, 343, 346, 357, 360, 362, 364, 366, 375, 378, 381, 399, 415.

AKHENATON : tome 1 : 24, 197.

Alchimie. Alchimique : tome 1 : 12, 47, 118 ; tome 2 : 328.

ALCMÉON (DE CROTONE) : tome 2 : 53, 58, 84, 105, 106, 128, 207, 212, 213, 219, 220, 227, **232-235, 237**, 312, 333, 335, 350, 357, 359, 379, 416.

ALEXANDRE D'APRODISIAS : tome 2 : 53, 175, 252.

ALEXANDRE D'ÉTOIE : tome 2 : 53, 228.

ALEXANDRE LE GRAND : tome 1 : 26, 38, 39, 73, 109, 110, 140, 150, 199 ; tome 2 : 15.

Algèbre : tome 1 : 78, **89, 95, 97**, 99, 108, 113, 115, 188, 236, 238, 240 ; tome 2 : 169.

Alphabet. Alphabétique : tome 1 : 17-19, 25, 57-59 ; tome 2 : 12, 19, **22**,

24-27, 29-35, 60, 133, **420, 425-427**.

Amis (nombres) : tome 2 : 138, 188.

Amour : tome 1 : 269 ; tome 2 : 70, 203, 206, 316, 317, 320, 321, **325, 326, 328-331**, 333, 334, 383.

ANACHARSIS LE SCYTHE : tome 2 : 18.

Anatomie : tome 1 : 187, 287, 288, 290, 293, 299 ; tome 2 : 103, 105, 106, 360-362, 364, 377.

ANAXAOORE (DE CLAZOMÈNES) : tome 2 : 15, 53, 56, 58, 72, 74, 76, 101, 102, 106, 118, 122, 126, 181, 205, 225, 227, 235, 236, 267, 282, 284, **291-314**, 323, 324, 329, 331-333, 335, 336-338, 342, 347, 350, 352, 353, 356, 363, 430.

ANAXIMANDRE : tome 2 : 53, 58, 59, 69, **79-92**, 95-99, 101, 102, 113, 115-117, 122, 127, 181, 190, 205, 213, 214, 221, 228, 232, 237, 239, 240, 248, 253., 265-267, 306, 307, 309, 311, 329, 330.

ANAXIMÈNE : tome 2 : 53, 58, 59, 69, 79, 91, **92-102**, 106, 125, 127, 190, 205, 216, 219, 239, 240, 248, 250, 260, 270, 284, 292, 293, 295, 299, 306, 308, 309, 314, 323, 325, 356, 362.

Angle : tome 1 : 75, 103, 106, 124.129-134, 136, 138, 229, 245, 254, 256, 257 ; tome 2 : 35, 61, 64-66, 148, 155, 159-161, 163, 164, 170, 172, 173, 179, 183, 187-189, 228.

Angle (trisection) : 173.

Anneaux : tome 2 : 86-89, 256, 266, 307.

Année : tome 1 : 92-94, 126, 127, 130-132, 139, 150, 155, 157, 163-165, 167, 228, 263, 267-272, 274, 275, 280 ; tome 2 : 42-44, 77, 110, 118, 183, 223, 331, 374, 380, 391, 393.

Antarctique (cercle) : tome 1 : 129 ; tome 2 : 52, 77, 229.

Anti-Terre : tome 2 : 188, 222-227, 229.

ANTIPHON (LE SOPHISTE) : tome 2 : 169, 170, 177, 181, 269, 286, 288.

ANTISTHÈNE : tome 2 : 281, 342.

Antyphérèse : tome 2 : 153-156, 158.

Apeiron : tome 2 : 80, **82-86**, 95, 96, 113, 114, 125, 205, 248, 306.

Application des aires : tome 2 : 167, 169, 177, 188.

Arabie. Arabe : tome 1 : 20, 33, 65, 66, 199 ; tome 2 : 24, 55.

ARAD-NANAI : tome 1 : 172, 173.

Arché : tome 2 : 80, 82, 258, 260, 268, 284.

ARCHÉLAOS : tome 2 : 293.

ARCHIMÈDE : tome 2 : 18, 53, 170, 173, 341, 346.

Architecture (habitations, constructions...) : tome 1 : 17, 18, 45, 46, 50, 107, 166, 195, 196, 198, 200, 211, 254, 259, 260, 281, 302 ; tome 2 : 10, 11, 15, 17, 45, 132, 422.

ARCHYTAS (DE TARENTE) : 18, 53, 58, 128, 132, 142, 146-149, 181, 198, 220, 276, 354, 430.

Arctique (cercle) : tome 1 : 126, 129 ; tome 2 : 62, 77, 229.

ARISTARQUE (DE SAMOS) : tome 2 : 129, 221.

ARISTÉE (DE CROTONE) : tome 2 : 128, 181.

ARISTOTE : tome 1 : 150 ; tome 2 : 15, 47, 48, 53-58, 60, 62, 67, 80, 81, 83, 102, 104, 108, 124, 146, 190, 204, 205, 213, 218, 220, 225, 228, 231, 234, 235, 243, 252, 272, 274, 276-278, 291, 293, 295, 303, 313, 317, 328, 334, 338, 344, 348, 349, 351, 354, 425.

Arithmétique : tome 1 : 7, 14, **77-100**, 103, 114, 115, 141, 159, 162, 188, 189, 218, **229-243**, 259, 262, 269, 281, 311 ; tome 2 : 35, 55-57, 63, 130, **132-158**, 159, 161, 168, 169, 180-183, 187-189, 191, 192, 196, 199, 203, 206, 230, 231, 264, 268.

Artère : tome 2 : 104-106, 232-234, 335, 364, 378.

ASCLÉPIOS. ASCLÉPIADE : tome 1 : 196, 302 ; tome 2 : 355, 356, 358, 376.

Asianique : tome 1 : 32, 35, 38, 43, 58, 60.

ASSARHADDON : tome 1 : 25, 37, 161, 162, 172, 173, 198.

ASSOURBANIPAL : tome 1 : 25, 37, 39, 42, 43, 46, 120, 161, 171, 175, 183, 198.

Astre. Astronomie. Astronome : tome 1 : 7, 14, 15, 88, 119, 121, **123-165**, 167, 189, 190, 262, 265, 268-274, 276, 280-283, 286, 311 ; tome 2 : 35, 41-43, 45, 50, 53-55, 57, 60, 62, 69, 73, **75-78**, 79-81, **85-90**, 92-94, 99-102, 109, 110, 122, 123, 142, 181-184, 188, 191, 196, 199, 204-208, 215, 218, **219-230**, 231, 235, 236, 238, 243, 249, 250, 253, 256, 259, 265-267, 286, 294, 295, 298-300, **305-309**, 318, 329, **331, 332**, 339, 342, 344, 349, **350**, 354, 416, 432.

Astrologie. Astrologue : tome 1 : 14, 15, 20, 116, 119, 123, 150, 156-158, **159-163**, 165, 187, 189, 190, 243, 262, 263, 275, 281-283, 311 ; tome 2 : 45, 51, 76, 419, 420.

Atome. Atomisme. Atomiste : tome 2 : 52, 58, 182, 204, 209, 217, 259, 272, 282, 291, 292, **339-341, 343-352**, 353, 354, 419.

Berlin (Papyrus de) : tome 1 : 228, 238, 241, 286.

Bible : tome 1 : 21, 34, 120, 122, 167, 198, 265.

Bile jaune : tome 2 : 358, 370, 379, 380, 382, 383, 390, 397, 399.

Bile noire : tome 2 : 359, 370, 383, 397, 399.

Biologie. Biologique : tome 1 : 59 ; tome 2 : 54, 90, 91, 103, 107, 131, 207, **231-237**, 267, 286, 300, **310-314**, 327, 330, 331, **332, 334.335**, 339, **350, 351**, 354, 357, 416.

BOÈCE : tome 2 : 54, 195, 198.

Bronze : tome 1 : 21-23, 46, 170, 202 tome 2 : 12, 18, 315, 322.

BRYSON D'HÉRACLÉE : tome 2 : 170, 177, 181, 286.

Calcul : tome 1 : 65, 66, 74, 75, **77-79**, 86, 89, 91, 92, 94, 100, 106, 114, 116, 118, 140-145, 148, 150, 152-154, 156, 158, 159, 162, 163, 190, 216, **219-231**, 236, 237, 240, 245, 247, 248, 251-254, 256, 257, 262, 264, 270, 283 ; tome 2 : 35, **36**, 50, 130, 132, 133, 138, 140, 141, 149, 158, 185, 278,

431.

Calendrier : tome 1 : 75, 121, 159, **163-168**, 189, 262, **267-270**, 272, 274, 276, 279, 281, 282 ; tome 2 : **41-44**.

Calendrier diagonal : tome 1 : 272, 274, **276-279**, 281.

CALLYPE : tome 2 : 43.

CAMBYSE : tome 1 : 26, 199.

Carré (polygone) : tome 1 : 97-99, 101, 102, **104-106**, 115-117, 229, 238, 241, **249-251**, 253, 254, 258-260 ; tome 2 : 133-137, 145, 150-152, **154-158**, 161-163, 165, 166, 168-175, 177, 178, 188, 208, 213, 214, 228, 282, 283.

Carré (puissance) : tome 1 : 83, 85, 103, 104, 106, 107, 240, 241, 248, 251, 255, 256 ; tome 2 : 36, 45, 133-137, 145, 149, 152, 161, 175-177, 182, 184, 208, 212, 214, 227.

CENSORINUS : tome 2 : 54, 82, 223, 231, 234, 254, 319.

Céramique (poterie) : tome 1 : 12, 21, 22, 45, 46, 201 ; tome 2 : 12.

Cercle : tome 1 : 62, 63, 75, **100**, 113, 127, 129, 134, 135 137, 229, **247-251**, 275 ; tome 2 : 61-64, 80, 81, 91, 110, 114, 144, 147, 148, 160, **169-177**, 181-183, 188, 189, 223, 228, 229, 286, 300, 318, 321, 341, 378.

Cercle (circonférence) : tome 1 : 100, 248 ; tome 2 : 111, 169, 170, 172, 176.

Cercle (quadrature du) : tome 1 : 249 ; tome 2 : **169-174**, 181, 182, 188, 286, 300.

Cercle (surface) : tome 1 : 100, 247-251, 253 ; tome 2 : 169, 170, 172, 173.

CHALCIDIUS : tome 2 : 52, 234.

Chalcolithique : tome 1 : 21 ; tome 2 : 9.

Chaud : tome 1 : 177, 178, 181, 184, 200, 293, 29 ; tome 2 : 62, 81, 85-87, 93, 95, 98, 110, 112, 115-117, 121, 123, 124, 206, 213, 215, 229, 231, 234, 236, 253, 254, 266, 294-298, 301, 306, 307, 322, 333, 340, 345, 362, 371, 375, 380, 383-386, 388-391, 395, 396, 398, 399, 401, 410, 414.

CHERSIPHON : tome 2 : 18.

Chimie. Chimique : tome 1 : 12, 48, 118, 121, 201 ; tome 2 : 17, 316, 328.

Chine. Chinois : tome 1 : 19-27, 119, 174.

Chirurgie. Chirurgical. Chirurgicalien : tome 1 : 12, 103, **169-171**, 286, 293, 299, **301-311** ; tome 2 : 365, 369, 379, 388, **401-414**.

CICÉRON : tome 2 : 54, 223, 244, 342.

Ciel : tome 1 : 51, 56, 58, 120, 122-124, 126-129, 131, 133, 137, 157, 159, 160, 176, 209, 262-264, 269, 271-273, 275-279, 282 ; tome 2 : 42, 43, 70-72, 75, 80, 85, 87, 99, 101, 109, 123, 204-206, 218, 220, 222-224, 230, 232, 235, 244, 256, 294, 306, 309, 317, 318, 331, 332, 344.

Circoncision : tome 1 : 289, 298.

Cité : tome 2 : 9, 12-15, 36, 41, 88, 111, 130, 141, 241, 242, 247, 251, 287, 316, 365, 428, 430, 431.

CLAUDIEN MAMERT : tome 2 : 54, 204.

CLÉMENT D'ALEXANDRIE : tome 2 : 54, 62, 129, 204.

Clepsydre : tome 1 : 75, 77, 135, 136, 271, 290 ; tome 2 : 295, 322, 323, 336.

Clinamen : tome 2 : 348.

CLINIAS DE TARENTE : tome 2 : 182.

Cnide. Cnidien : tome 2 : 356-358, 361, 362, 366.

Coction : tome 2 : 385, 386.

Cœur : tome 1 : 166, 188, 207, 290, 291, 299, 300 ; tome 2 : 103, 231, 235, 255, 313, 351, 364, 369, **377, 378**.

Comma : tome 2 : 195, 197, 198.

Complément phonétique : tome 1 : 56, 205, 207.

Complémentation : tome 1 : 231.

Cône. Conique : tome 1 : 126, 131, 135, 229, 254 ; tome 2 : 54, 148, 168, 182, 340, 341, 346.

Constitution. Constitutionnel : tome 1 : 16 ; tome 2 : 13, 14, 16, 29, 74, 78, 420, **426-428**.

Contraires (opposition des) : tome 2 : 80, **83-86**, 88, 108, 109, 113, **115-119**, 122, 124, 125, 190, 191, 203, 204, 210, **212-216**, 236, 237, 266, 291, 294-296, 311, 384, 386, 396, 408.

COPERNIC : tome 2 : 221, 228.

Cos. Coaque : tome 2 : 356-359, 362, 371, 417.

Cosmologie. Cosmologique : tome 1 : **121-123**, 189, **262-265** ; tome 2 : 60, **69-73**, 75, 76, 78, 79, **85, 86**, 89, 90, 98, 102, 106, 108, 112, 118, 119, 300, 302, 303, **305, 306**, 309, 324, **329**, 332, **349**, 417.

Cosmos : tome 2 : 70, 74, 206, 222-224, 236.

CRÉSUS : tome 1 : 38 ; tome 2 : 13, 25, 28, 60, 62.

Crète. Crétois : tome 1 : 18, 22-24, 36, 43, 198 ; tome 2 : 9-11, 17, 19-22, 24, 30, 31, 45, 102.

CRITIAS : tome 2 : 286, 430.

Crotone : tome 2 : 84, 127, 128, 130, 181, 207, 212, 213, 219, 232, 234, 292, 356, 357.

Cube. Cubique (polyèdre) : tome 1 : 101, 116, **252** ; tome 2 : 133, 135, **145-147**, 178-180, 187-189, 203, 208, 215, 327.

Cube. Cubique (puissance) : tome 1 : 83, 86 ; tome 2 : 129, 133, 135, 145, 182, 187, 197, 208, 209, 215, 227.

Cuivre : tome 1 : 46, 48, 202, 296 ; tome 2 : 9, 389-391, 401, 402.

Cunéiforme (Clou) : tome 1 : 17, 18, **50-54**, 57-59, 67, 68, 84, 105, 116, 189, 211 ; tome 2 : 35.

Cycle : tome 1 : 133, 141, 143, 150, 156, 158, 160, 165, 270, 282 ; tome 2 : 43, 73, 76, 110, 113, 114, 118, 119, 129, 153, 154, 156, 183, 223, 321, 329, 331.

Cylindre : tome 1 : 101, 229, 251, 253 ; tome 2 : 81, 88, 148, 266, 341, 346, 411.

CYRUS : tome 1 : 26, 37-39, 41, 42 ; tome 2 : 14.

DARIUS : tome 1 : 26, 38, 43, 199 ; tome 2 : 14, 18, 357.
 Décade : tome 1 : 263, 274, 275, 279, 280 ; tome 2 : 43, 202.
 Décan : tome 1 : 263, 267, 272, 274, 275, 279-281 ; tome 2 : 43.
 Décimal : tome 1 : 67, 69-71, 74, 76, 82-84, 86, 88-90, 92, 96, 98, 101, 108, 218 ; tome 2 : 31, 32, 35, 36.
 Déficient (nombre) : tome 2 : 137.
 Démocratie : tome 1 : 16 ; tome 2 : 15, 16, 74, 78, 84, 126, 127, 140, 141, 237, 286, 315, 419, 420, **426-433**.
 DÉMOCRITE (D'ABDÈRE) : tome 2 : 17, 53, 54, 58, 182, 217, 287, 291, 292, **338-352**, 353, 358.
 Démonstration : tome 1 : 9, 97, 103, 113-116, 118, 120, 188, 238, 240, 242, 260, 262, 311 ; tome 2 : 63, 64, 66, 68, 69, **138-142**, 149, 150, 154-159, 161-164, 166, 170, 174-176, 180, 183-185, 189, 265, 278, 279, 281, 282, 284, 356, 367.
 Démotique (écriture) : tome 1 : 211-214, 216, 219, 220, 259, 260.
 Déontologie : tome 1 : 170, 171 ; tome 2 : 361, 364, 375, 376.
 DESCARTES : tome 2 : 120.
 Déterminatif sémantique : tome 1 : 52, 53, 56, 57, 207-210.
 Devenir (le) : tome 2 : 72, 74, 95, 97, 107, **113-119**, 126, 217, 222, 246, 248, **299-301**, 305, 310, 312, 314, **324, 328, 329**, 336, 347, 351, 354.
 Diagnostic : tome 1 : 174-176, 180-182, 186, 303, 304, 307, 308 ; tome 2 : 362, 367, 369, 371, 377, 414, 417.
 Diagonal (nombre) : tome 2 : 151, 152.
 Diagonale : tome 1 : **104-106, 108, 109**, 115, 238, 245, 260, 261, 275, 279 ; tome 2 : 64, **150-152, 154-158**, 162, 163, 166, 167, 282, 283.
 Dialectique : tome 2 : 270, 274, 285, 288, 431.
Dichotomie (argument de la) : tome 2 : 276, 278, 279.
 Diététique : tome 2 : 356, 364, 392, 397, 417.
 Dièse : tome 2 : 195-198.
 DIODORE DE SICILE : tome 1 : 284-286 ; tome 2 : 54.
 DIOGÈNE D'APOLLONIE : tome 2 : 53, 58, 59, 98, **102-107**, 122, 127, 312, 335, 353, 357, 362.
 DIOGÈNE LAËRCE : tome 2 : 48, 54, 60, 66, 67, 109, 110, 129, 223, 252, 253, 271, 316, 342, 343, 346.
 DIOGÈNE LE CYNIQUE : tome 2 : 281.
 Divisibilité : tome 2 : 157, 184, 255, 259, **272-275, 279-284**, 296, 297, 301, 320, 324, 328, 337, 347.
 Division : tome 1 : 64, 65, 74, 78, 79, **81, 83**, 87, 100, 107, 113, 137, 216, 218, **220-223**, 229-233, 243, 259, 275 ; tome 2 : **36**, 116, 190, 211, 238.
 Dodécaèdre : tome 2 : 157, 178-180, 182, 203, 209.
 Domestication des animaux : tome 1 : 44, 45, 200 ; tome 2 : 16.
Doxa (Opinion) : tome 2 : 241, 243, 246, 247, **252, 256, 257, 262-265**.
 Doxographe. Doxographie : tome 2 : 48, 52-57, 60-63, 72, 73, 75, 76, 78, 80-82, 88, 91, 93-94, 97, 100, 101, 108-110, 112, 114, 118, 119, 121, 132,

198, 201, 206, 240, 242-246, 250, 252-254, 265, 266, 282, 293-296, 299, 300, 303, 304, 306, 308-311, 313, 316-320, 325, 326, 332, 335, 337, 339-346, 349, 350.

Droit (législation) :

voir Loi.

Duplication du carré : tome 2 : 145, 168.

Duplication du cube : tome 2 : 145, 147, 168, 169, 182, 184, 188.

Dyade : tome 2 : 190, 191, 203, 211, 214.

Eau : tome 1 : 12, 15, 54, 55, 75, 77, 120, 122, 135, 136, 184, 185, 200, 205, 209, 262, 263, 265, 289, 293, 298, 299, 301 ; tome 2 : 16, 18, 61, 62, **70-75**, 78, 80, 82, 83, 85, 86, 89, 91, 93, 94, 97, 99, 108, 112-114, 125, 178, 203, 209, 215-217, 233, 234, 236, 241, 243, 245, 248, 293, 294, 298-300, **315-319, 321-323, 325-327, 329-331, 333**, 334, 336, 337, 343, 362, 363, 371, 372, 375, 377, 378, 388-391, 400, 410.

Ebers (papyrus) : tome 1 : 286-292, **292-301**, 304 ; tome 2 : 103, 105.

Éclipse : tome 1 : 133, 143, 147, **149, 150**, 157-162, 166, 282 ; tome 2 : 62, 76, 81, 101, 110, 123, 225-227, 243, 249, 267, 294, **308, 309**, 321.

Écliptique : tome 1 : **130-133**, 135, **137-140**, 142-149, 151-153, 156, 275, 281 ; tome 2 : 220, 223, 228, 295, 317.

Écriture : tome 1 : **17-19**, 22-24, 32, 35, **49-60**, 66-68, 70, 120, 121, 189, **203-212**, 213-216, 219, 259, 261, 269 ; tome 2 : 11, 12, **19-27**, 29, 32, 45, 132, 150, 420, 421, 425, 426.

EKPHANTOS : tome 2 : 217, 221, 223.

Élée. Éléate : tome 2 : 47, 52, 56, 58, 157, 184, 238, **239-289**, 291, 292, 300, 301, 305, 310, 314, 324, 325, 328, 329, 336, 341, 347, 351, 353, 354, 419, 430.

Éléments (mathématiques) : tome 1 : 10 ; tome 2 : 54-56, 61, 63, 64, 138, 164-166, 182, **184, 185**.

Ellipse : tome 1 : 124, 126, 131, 133 ; tome 2 : 168.

Email : tome 1 : 47, **48**, 201 ; tome 2 : 17.

Embryon. Embryologie : tome 2 : 231, 234, 254, 310, 334, 363, 410.

EMPÉDOCLE : tome 2 : 52, 56, 58, 72, 80, 85, 105, 106, 205, 215, 232, 233, 235, 236, 252, 254, 282, 284, 286, 291, 293, 295, 299, 305, 308, 311, **314-338**, 346, 347, 351-353, 356, 357, 359, 379, 383-385, 417, 420, 430.

Empyème : tome 2 : 371, 382, **398-400**.

Épagomènes (jours) : tome 1 : 267, 269, 270, 274, 279, 280, 282.

Éphéméride : tome 1 : 139, 141, 145, 156 ; tome 2 : 45.

ÉPICURE : tome 2 : 339, 340, 346-348.

Épimore (nombre) : tome 2 : 146, 187.

Équateur : tome 1 : 124, 128-130, 136-138, 146 ; tome 2 : 76, 100, 148, 220, 295.

Équation : tome 1 : 238 ; tome 2 : 168, 174.

Équation (du 1^{er} degré) : tome 1 : **94-96**, 229, 236, 239-241.

Équation (du 2^e degré) : tome 1 : **97-99**, 115, 116, 238, 240, 241 ; tome 2 : 168.

Équilibre : tome 2 : 83-89, 99, 113, 115-117, 234, 236, 237, 259-261, 333, 334, 342, 357, 359, 379, **382-387**, 396.

Espace : tome 1 : 265 ; tome 2 : 81, 83, 86, 95, 110, 133, 146, 189-192, 199, 207, 211, 275, 276, 279-281, 299, 317, 343, 345, 347, 348, 351, 352, 426.

Éther : tome 2 : 256, 294, 296, 298, 306, 317, 321-323, 330, 331.

Étoiles (fixes) : tome 1 : 51, 56, 58, 124-127, 130-134, 136, 138, 151, 157, 158, 263, 265-267, 271-275, 279, 281 ; tome 2 : 77, 81, 87-89, 93, 99-101, 219, 220, 224, 225, 227-230, 266, 307-309, 318, 332, 341, 342.

Être (l') : tome 2 : 242, 245, 246, **254, 255, 257-263, 268-270**, 272, 274-276, 284, 287, 291, 300, 301, 305, 314, 320, 324, 328, 336, 343, 347, 351, 430.

EUCLIDE : tome 2 : 53-55, 61, 63, 64, 138, 153, 162, 164-166, 181, 184, 185.

EUDÈME DE RHODES : tome 2 : 55, 61, 62, 146, 175, 176, 220.

EUPALINOS (DE MÉGARE) : tome 2 : 18.

EUPHRANOR : tome 2 : 142.

EURIPIDE : tome 2 : 46, 292, 300.

EURYTOS : tome 2 : 208, 273.

Exorcisme. Exorciste : tome 1 : 169, 175, 176, 178, 182, 299 ; tome 2 : 365, 415, 417.

Fer : tome 1 : 46, 48, 123, 202, 262, 263 ; tome 2 : 11, 12, 18, 42, 73, 345.

Feu : tome 1 : 12, 47, 48, 183 ; tome 2 : 73, 80, 81, 86-89, 93, 94, 97, 98, 101, **108-115**, 117-119, 121-124, 178, 182, 203, 207-209, 214-217, **221-227**, 233, 235, 236, 248, **252-254, 256**, 265-267, 293, 294, 299, 307, 309, **316-320, 322, 323, 325-327, 329-333**, 337, 343, 363, 378, 383-385, 391.

Filage : tome 1 : 12, 201 ; tome 2 : 17.

Flèche (argument de la) : tome 2 : 276, 77, 279, 280.

Fraction : tome 1 : 65, 70, **72, 73**, 120, **216-227**, 229, 230, 232, 243, 257, 262, 269 ; tome 2 : 33, 35, 150, 156.

Fracture : tome 1 : 169, 170 225, 226, 286, 302, **305-310** ; tome 2 : 368, 369, 401-404, 406, 407, 413, 414.

Froid : tome 1 : 177, 181, 294 ; tome 2 : 81, 85, 86, 93, 95, 98, 99, 112, 115-117, 122, 123, 213, 215, 229, 231, 234, 236, 253, 254, 266, 294-298, 301, 306, 330, 333, 340, 362, 375, 380, 389, 396, 414.

GALIEN : tome 2 : 55, 286.

GALILÉE : tome 2 : 200, 217, 218, 425.

Géométrie. Géométrique. Géomètre : tome 1 : 78, 88, 89, 95, **99-115**, 119,

150, 159, 162, 189, 229, **243-261**, 311 ; tome 2 : 32, 35, 54, 55, 57, 60, 61, **63-69**, 79, 88, 89, 96, 99, 102, 132-134, 137, 139, 141, 142, 144-147, 150, 154, 155, 157, 158, **159-184**, 185, 188, 189, 191, 192, 196, 199, 200, 207-209, 219, 230, 270, 343, 346, 425.

GILGAMESH : tome 1 : 42, 186.

GLAUCOS DE CHIO : tome 2 : 18.

Gnomon (cadran solaire) : tome 1 : 134, 136, 168, 271 ; tome 2 : 91, 102.

Gnomon (« équerre numérique ») : tome 2 : 136, 202.

GORGAS (DE LÉONTIUM) : tome 2 : 286, 357, 358.

GOUDÉA : tome 1 ; 23, 34, 41, 42.

Goût (sens) : tome 2 : 233, 295, 340.

Gymnosophe (fakir) : tome 2 : 339, 343.

Gynécologie : tome 1 : 176, 179, 180, 288, 289, 293, 304 ; tome 2 : 360, 363, 391, 392, 409, 410.

Haine : tome 2 : 316, 317, 320, 321, 323, 325, 326, 328-331, 333, 334, 383.

HAMMOURABI : tome 1 : 23, 34, 35, 41, 42, 164, 169-171 ; tome 2 : 13.

Harmonie. Harmonique : tome 1 : 118 ; tome 2 : 53, 89, 111, 113, **115-120**, 122, 141-144, 189, 192-194, 196, 197, 202-204, 206, 207, 210 213-216, 218, **227-230**, 234, 236, 237, 255, 319, 321 393.

HÉRACLIDE (DU PONT) : tome 2 : 129, 221, 223.

HÉRACLITE : tome 2 : 52, 58, 59, 84, **107-126**, 127, 128, 131, 140, 182, 190, 201, 204, 206, 208, 210, 213, 214, 216, 223, 224, 237, 248, 251, 252, 258, 266, 268, 288, 292, 302, 311, 313, 314, 324, 325, 331, 333, 338, 353, 430.

Hérodienique :

voir Acrophonique.

HÉRODICOS : tome 2 : 357, 358.

HÉRODOTE : tome 1 : 168, 171, 284 ; tome 2 : 46, 55, 60, 342, 357.

HÉSIODE : tome 1 : 165 ; tome 2 : 12, 41, 42, 46, 70, 71, 111.

Hétéromèque (nombre) :

voir Rectangulaire (nombre).

Heure : tome 1 : 77, 134, 135, 139, 142, 157, 165, 168, 271-275, 79-281 ; tome 2 : 43, 44, 90.

Hexagone : tome 1 : 100 ; tome 2 : 161, 169, 178, 228.

HICÉTAS (DE SYRACUSE) : tome 2 : 221-223.

Hiératique (écriture) : tome 1 : 211, 213-216, 219, 220, 228, 254.

Hiéroglyphe : tome 1 : 17, 18, 63, 203, 204, 209-216, 255 ; tome 2 : 19-22, 30, 31.

HIPPARQUE : tome 2 : 43.

HIPPASOS (DE MÉTAPONTE) : tome 2 : 53, 58, 108, 115, 122, 128, 142, 157, 178, 182, 215, 224.

HIPPIAS (D'ELIS) : tome 2 : 53, 170, 173, 174, 177, 182, 287.

HIPPOCRATE (DE CHIO) : tome 1 : 10 ; tome 2 : 53, 54, 58, 145, 174-177, 182, 270, 291, 354.

HIPPOCRATE (DE COS). Hippocratique : tome 1 : 182, 287, 291, 303 ;
tome 2 : 50, 52, 53, 55, 58, 85, 103, 105, 106, 124, 145, 182, 184, 185,
231-233, 235, 237, 291, 336, 339, **355-418**, 420.

HIPPOLYTE (SAINT) : tome 2 : 55, 81, 82, 93, 94, 223, 244, 293, 295.

HIPPON DE MÉTAPONTE : tome 2 : 231.

Hittite : tome 1 : 24, 35, 36, 40, 43, 172, 198.

Homéomérie. Homéomère : tome 2 : 293, 303-305, 317, 326, 328.

Horloge : tome 1 : 135, 271, 272, 274, 275, 280, 281.

Humeur : tome 1 : 291 ; tome 2 : 124, 231, 237, 328, 332, 358, 360, 362,
363, 368, 379-387, 396, 398, 399, 416-418, 420.

Humide : tome 1 : 264 ; tome 2 : 62, 73, 81, 82, 86, 90, 93-95, 109, 110,
112, 116-118, 121, 124, 213, 234, 236, 243, 244, 294, 298, 301, 310, 321,
333, 342, 346, 350, 380, 383, 384, 396, 401, 413.

Hyksos : tome 1 : 35, 36, 40, 197, 200, 228, 304.

Hylozoïsme : tome 2 : 73, 74, 98.

Hyperbole : tome 2 : 168.

Icosaèdre : tome 2 : 178-180, 203, 209, 327.

Idéographique : tome 1 : 17-19, 54-58, 204, 205, 208, 210 ; tome 2 : 420.

Illimité : tome 2 : 80, **83**, 93, **95**, **96**, 100, 157, 190, 191, **200-206**, 210-212,
214-216, 220, 242-244, 271-273, 275, 293, 296-298, 321, 341-343.

IMHOTEP : tome 1 : 196, 302.

Impair : tome 1 : 222, 229 ; tome 2 : 134, 136, 137, 150, 151, 161, 162, 185,
186, 191, 197, 201, 203, 210-212, 214, 216, 283.

Incantation : tome 1 : 169, 171, 174, 176, 182, 185, 187, 287, 288, 292, 293,
295, 303, 304 ; tome 2 : 365, 415, 417, 423.

Incommensurabilité. Incommensurable : tome 2 : **150**, **151**, **153**, **154**.

156, **157**, 177, 180, 190, 282 283, 346.

Incubation : tome 2 : 355, 363, 365.

Inde. Indien : tome 1 : 19-24, 35, 38, 40, 65 ; tome 2 : 16, 343.

Indo-européen : tome 1 : 23-25, 35, 38, 40-42, 58, 60, 197 ; tome 2 : 9,
24, 261.

Infini : tome 2 : 83, 86, 96, 119, 152-154, 157, 169, 173, 181, 204, 205,
211, 220, 238, 249, 272, 273, 276, 279-284, 297, **301-305**, 312, 314,
317, 321, 324, 326, 328, 337, 341, 353.

Infinitésimal : tome 2 : 184, 278, 341.

Injustice : voir *Justice*.

Intelligibilité. Intelligible : tome 1 : 114, 118-120, 163, 221 ; tome 2 : 202,
238, 246, **258-261**, **263-265**, **268**, **270**, 273, 284, 288, 302, 324, 340,
353, 419, 425, 427, 430-432.

Inverse : tome 1 : 80, 81, 83, 87, 90, 93, 96, 99, 109, 112, 113, 232, 258.

Ionie. Ionien : tome 2 : 9, 14, 25, 59, 60, 238, 248, 250, 252, 264, 265, 270,
291, 292, 307, 309, 312, 324, 419.

IRASSILU : tome 1 : 161.

Irrationalité. Irrationnel (nombre) : tome 1 : 10, 119 ; tome 2 : 134, 144, 145, 149, **150-158**, 180, 182-184, 190, 202, 210, 238, 264, 265, 269, 273, 282, 283.

JAMBLIQUE : tome 2 : 55, 56, 128, 142, 203.

JEAN DE LYDIE : tome 2 : 55, 203.

JOSEPH : tome 1 : 196.

Jour : tome 1 : 75, 77, 92, 126, 128-134, 139-141, 142, 144, 150-152, 154-156, 158, 161-168, 177, 178, 181, 184, 190, 262, 267-271, 273, 274, 279, 280, 282, 294, 296, 297, 299, 305, 309 ; tome 2 : 41-43, 77, 82, 110, 113, 116, 118, 123-135, 183, 223, 227, 234, 243, 254, 295, 319, 332, 374, 376, 393, 398, 399, 407, 413.

Jupiter (planète) : tome 1 : 126, 134, 151, 157, 161, 162, 167, 265, 282 ; tome 2 : 225, 229, 230.

Justice : tome 2 : 80, 84, 85, 96, 97, 113, 115, 117, 214, 311, 428.

Kahun (Papyrus de) : tome 1 : 228, 258, 286.

KEPLER : tome 2 : 228.

Langue : tome 1 : 32, 34, 35, 54, 57-60, 63, 69, 204, 259, 261 ; tome 2 : 23, 24, 261, 426.

LASOS D'HÉRMIONE : tome 2 : 182.

Latéral (nombre) : tome 2 : 151, 152.

Latitude : tome 1 : 129, 136, 137, 143-145, 147-150, 271 ; tome 2 : 77.

LEUCIPPE : tome 2 : 53, 58, 182, 217, 282, 291, 292, 305, **338-340, 342, 344, 346, 347, 350-353.**

Limitant : tome 2 : 200-203, 206, 215.

Limité : tome 2 : 95, 108, 109, 116, 190, 191, 204, 205, 211, 212, 214-216, 242, 244, 255, 259, 280, 306, 336, 337.

Linéaire (écriture) : tome 1 : 23, 24, 50, 211 ; tome 2 : 11, 19, 22, 23, 30, 31.

Logarithme : tome 186.92-94, 114.

Logos : tome 2 : 108, 110, 111, 113, 114, **119-122**, 126, 131, 140, 156, 214, 224, 266, 268, 269, 302, 313, 314, 331, 338, 349, 353, 431.

Lois : tome 1 : 16, 103, 113, 114, 118, 190, 264 ; tome 2 : 13, 14, 42, 68, 74, 78, 111, 141, 196, 206, 247, 251, 287, 361, 371, 402, 420, 426-433.

Longitude : tome 1 : 129, 132, 136-138, 143-149, 152-154.

Lune. Lunaire. Lunaison : tome 1 : 120, **131-134**, 136-139, **143-150**, 152, 154-159, 161, 162, 164-167, 263, 264, 269, 270, 282 ; tome 2 : 43, 62, 76, 81, 87, 93, 94, 99-101, 110, 123, 174, 183, 201, 206, 207, 222-230, 235, 243, 244, 249, 253, 256, 258, 266, 267, 294, 295, 298, **307-309**, 316, 318, 321, 332, 343, 350.

Lunules (quadrature des) : tome 2 : 53, 174-177, 182, 184.

Lycée : tome 2 : 47, 54, 57.

LYCOPHRON : tome 2 : 287.

Lyre : tome 2 : 111, 115-117, 192, 195, 197, 198, 274, 275.

Magie. Magique : tome 1 : **11-17**, 46, 47, 118, 120, 160, 162, 165, 167, 169, 171, 174-176, 180, 182, 187, 189, 190, 262, 283, 285, 287-293, 296, 302,

303, 311 ; tome 2 : 41, 50, 130, 139, 315, 323, 338, 355, 356, 365, 376, 394, 397, 417, **419-424, 429**.

Maladie. Malade : tome 1 : 168, 172-181, 186, 187, 190, 283-285, 287-289, 291-300 ; tome 2 : 85, 106, 112, 117, 233-237, 286, 333, 355, **357-377, 379-387, 389-402**, 413, 416, 420.

MAMERCOS (OU MAMERTINOS, ou AMERISTOS) : tome 2 : 183.

MANDROCLÈS : tome 2 : 18.

Marathon : tome 2 : 14.

Mars (planète) : tome 1 : 126, 134, 151, 152, **155-158**, 161, 167, 266 ; tome 2 : 225, 229, 230.

Mathématique : tome 1 : 8-11, 15, 16, 74, **77-121**, 138, 162, 188-190, **227-262**, 281, 283, 286, 302 ; tome 2 : 19, 35, 45, 50, 53-57, **63-69**, 77, 79, 89, 91, 109, 128, **131-191**, 196, 199, 200, 203, 210, 214, 215, 217-219, 221, 224, 228, 230, 231, 236-238, 247, 257-261, 264, 265, 268-270, 273-275, 282-287, 291, 300, 310, 314, 337, 339, 346, 349, 353, 354, 411, 419, 431, 432.

Matière : tome 1 : 12, 265 ;

: tome 2 : 70-72, 82, 95, 116, 206, 209, 216, 252, 257-261, 266, 275, 282, 293, 328, **343, 351, 352**, 417.

Médecin. Médecine : tome 1 : 12, 15, **168-190**, 196, 217, 264, **283-311** ; tome 2 : 45, 50-52, 55, 56, 84, 90, 103, 105, 124, 145, 182, 183, 209, **221-237**, 286, 291, 315, 328, 332, 333, 347, **355-418**, 419, 420, 432.

Médiété :

voir Proportion.

Mégalithique : tome 1 : 22.

MÉLISSOS (DE SAMOS) : tome 2 : 53, 58, 239, 270, 276, **284**, 285, 300.

MÉNESTOR : tome 2 : 231.

MÉNON : tome 2 : 55, 231.

Mercur (planète) : tome 1 : 126, 134, **151-154**, 157, 161, 167, 266 ; tome 2 : 225, 227, 229, 230.

Meret : tome 1 : 243-247.

Mesure : tome 1 : **74-77**, 134, 136, 138, 139, 157, **217-219**, 253, 260, 281, 283 ; tome 2 : 35, 36, **39-41**, 61, 63, 65-67, 111, 115, 117, 119, 137, 150, 151, 153, 154, 180, 189, 190, 222, 287, 421.

MÉTAGÈNE : tome 2 : 18.

Métal. Métallurgie : tome 1 : 12, 22, **45-48**, 52, 118, 123, 201, 202, 211, 229 ; tome 2 : 9, 13, 17, 28-30, 421.

Métempsychose : tome 2 : 129, 131, 140, 204, 236, 240, 247, 282, 315, 316, 323.

Météorologie. Météorologique : tome 1 : 121, 160-162, 166 ; tome 2 : 60, 75, 81, 90, 98, 99, 101, 124, 206, 243, 249, 250, 295, 299, 300, 307, 309.

MÉTON : tome 2 : 43.

Métrologie. Métrologique : tome 1 : **74-77, 217-219**, 252, 253 ; tome 2 : 32, **36, 39-41**, 190.

Milet. Milésien : tome 1 : 122 ; tome 2 : 14, 25, 26, 47, 53, 58, **59-102**, 107, 113, 114, 119, 122, 123, 125, 126, 128, 216, 218, 238, 240, 246-250, 257, 258, 260, 264, 268, 270, 285, 288, 289, 292, 295, 299, 300, 307, 309, 310, 314, 323, 337-339, 341, 342, 353, 354, 357, 415, 416, 419, 420, 427, 430, 432.

Minéral : tome 1 : 186, 202, 289 ; tome 2 : 365.

Mois : tome 1 : 139, 143, 144, 146-149, 155, 158, 161-165, 166, 167, 228, 267, 269-272 ; tome 2 : 43, 44, 77, 110, 203, 223, 374.

MOÏSE : tome 1 : 24, 197.

Momie. Momification : tome 1 : 202, 285, 302.

Monnaie : tome 2 : 13, **25, 28-30**, 32, 33, 40, **420-422, 425-427**.

Monothéisme. Monothéiste : tome 1 : 197 ; tome 2 : 244, 251, 430.

Moscou (Papyrus de) : tome 1 : 228, 254, 255.

Moyenne arithmétique : tome 2 : 147, 149.

Moyenne géométrique (ou proportionnelle) : tome 2 : **144-149**, 168, 172, 173, 181, 182, 215.

Moyenne harmonique : tome 2 : 147, 149.

Multiplication : tome 1 : 65, 74, **78-82**, 87, 91, 96, 100, 216, 218, **220, 221**, 223, **225-227**, 233, 236, 246, 248, 253 ; tome 2 : **36**, 37, 190, 191, 227.

Musique. Musical (e) : tome 2 : 54, 55, 57, 141-144, 146, 149, 158, 181-183, 185, 187, 189-191, **191-200**, 202, 206, 207, 210, 212, 215, 217, 218, 230, 259, 274, 275.

Mycènes. Mycénien : tome 1 : 36, 43, 198 ; tome 2 : 11, 17, 19, 31, 45.

MYONIDE : tome 2 : 142.

Mystique numérique : tome 1 : 10, 14-16, 20, 74, 116, **118-120**, 165, 178, 188, 242, 243, 262, 282, 283, 311 ; tome 2 : 50, 89, 139-141, 157, 158, 180, 183, **185, 187-189**, 199, 200, 212-214, 217, 218, 221, 228, 230, 237, 238, 247, 249, 250, 257, 259, 261, 265, 285, 324, 364, 416, 419, 430.

Mythe. Mythologie. Mythologique : tome 1 : **11-16**, 33, 43, 46, 118 120, 121, 123, 138, 159, 160, 167, 189, 217, 262, 263, 265, 269, 270, 282 ; tome 2 : 11, 41, 69-72, 74, 78, 83, 86, 89, 90, 92, 97, 99, 114, 119, 122, 123, 125, 140, 216, 218, 225, 238, 248, 249, 260, 268, 309, 311, 314, 334, **419, 421, 422, 424.**

425, 428, 429.

NABUCHODONOSOR : tome 1 : 26, 37.

NAUSIPHANE : tome 2 : 239.

Néolithique : tome 1 : 21, 22, 43.

NICOMAUQUE (DE GÉRASE) : tome 2 : 55, 142, 203.

NIRGAL-ÏTIR : tome 1 : 161.

Nombre : tome 1 : 7, 14, 49, **61-74**, 78-81, 83-86, 88, 92, 99, 101, 104, 105, 107, 114-116, 118-121, 159, 165, 167, 188, 191, 211, **212-217**, 219, 220, 222, 223, 227, 229-233, 242.

258, 259, 262, 282, 283 ; tome 2 : **30-36**, 61, 63, 89, 129, 130,
132-142, 145, 146, 149-154, 156-158, 161, 162, 170, 180, 182-184,
185-191, 192, 193, 195-199, **201-212**, 213, 215-218, 228, 231, 237,
238, 247, 250, 260, 264, 265, 272, 273, 282, 296, 304, 321, 336, 337,
342, 343, 346, 354, 364, 382, 385, 416.

Nous : tome 2 : 293, 297, **302-304**, 306, 313, 314, 331, 337, 338, 349, 350,
352, 353.

Nuit : tome 1 : 126, 127, 130, 132, 151, 263, 271, 272, 274, 275, 279, 289,
294, 296, 298 ; tome 2 : 42, 43, 70, 110, 113, 116, 118, 124, 227, 243, 256,
295, 318, 319, 332, 355, 407.

Numération : tome 1 : **61-75**, 78-81, 119, **212-220** ; tome 2 : **30-36**,
132-134, 185.

Numération (base de) : tome 1 : 61, **64**, 65, 67, 73, 74, 78-81, 86, 100, 120,
212, 219, 220, 262 ; tome 2 : 30, 132-134, 185.

Numération (de position) : tome 1 : **63-67**, 69, 70, **72-74**, 78-81, 212-216,
219, 262 ; tome 2 : 32, 35, 36, 132, 133.

Numération alphabétique : tome 2 : 31-35, 133.

Octaèdre. Octaédrique : tome 2 : 178-180, 203, 209, 327.

Octave ; tome 2 : 142, 183, 192-197, 229, 230.

Odorat : tome 2 : 106, 233, 296, 335, 340.

CENOPIDE DE CHIO : tome 2 : 183.

Olympe : tome 2 : 222-224.

Olympiques (Jeux) : tome 1 : 25 ; tome 2 : 44.

Opinion :

voir Doxa.

Orphisme. Orphique : tome 2 : 122, 130, 216, 249.

Ouïe : tome 2 : 106, 296, 312, 319, 340, 346, 350, 370.

Ourse (Petite ou Grande) : tome 1 : 126, 266, 279 ; tome 2 : 77.

Pair : tome 1 : 223 ; tome 2 : 134, 136, 137, 150, 151, 185, 186, 191, 201,
210-212, 214, 216, 283.

Pair-impair : tome 2 : 201, 210, 212.

Papyrus : tome 1 : 18, 202, 203, 206, 211, 222, 225-230, 235, 236, 242, 243,
247-249, 254, 257-260, 274, 281, 285-292, 295, 296, 298, 302-304 ; tome
2 : 17, 36, 38, 45, 103, 105.

Parabole : tome 1 : 135 ; tome 2 : 168.

Parallélépipède : tome 1 : 95, **101-103**, 229, 251, 252.

Parfait (nombre) : tome 2 : 137-139, 186, 188.

PARMÉNIDE : tome 2 : 53, 55, 58, 112, 215, 220, 239, 242, 244, 245, 250,
251-270, 271, 273, 275, 279, 281-285, 288, 291, 307, 309, 312, 313, 316,
319, 325, 328, 329, 333, 339, 346, 353, 354, 425, 427, 430-432.

Pef-su (problème de) : tome 1 : 230, 231.

Pentagone. Pentagonal : tome 2 : 133, 135, 178, 179.

Pentagramme : tome 2 : 179.

PÉRICLÈS : tome 2 : 15, 292.

Peuples de la Mer : tome 1 : 24, 36, 40, 42, 46, 198 ; tome 2 : 11.

Pharmacie. Pharmaceutique. Pharmacopée : tome 1 : 174, **182-186**, 288, 289, **292-301** ; tome 2 : **388-392**, 396.

Phénicie. Phénicien : tome 2 : 12, 22, 24-27, 33, 60, 61, 68, 77, 130, 426.

PHILOLAOS : tome 2 : 53, 56, 58, 128, 132, 133, 142, 151, 183, 184, 188, 195-198, 200, 202-204, 210, 213, 214, 219, 221-231, 237, 249, 266, 267, 291, 307, 309, 322, 354.

Philosophie : tome 1 : 10, 16 ; tome 2 : 15, 46-48, 52-61, 74, 85, 97, 107, 108, 112, 122, 125, 126, 130, 181-184, 186, 205, 208, 210, 211, 214, 218, 220, 236, 239, 240, 245, 251, 252, 257, 262, 269-271, 285, 286, 291, 292, 296, 309, 314, 315, 325, 338, 346, 347, 352, 354, 420, 426, 430, 432, 433.

PHILOSTRATE : tome 2 : 55, 316.

Phlegme : tome 2 : 358, 399-401.

Phonétisme. Phonographique : tome 1 : 17-19, 32, 52-58, 64, 66, 70, 71, 203, 204, 216 ; tome 2 : 22, 24, 29, 32, 425, 426.

Physiologie (biologie) : tome 1 : 187, 188, 287, **288, 290**, 293, **299** ; tome 2 : 118, 312, 336, 360, 363, 364, **377, 379, 384**, 416.

Physiologie (physique) : tome 1 : 160 ; tome 2 : **69, 75, 92**, 107, 113, 114, 122, 123, 125, 128, 181, 183, 238, 307, 310, 338, 415, 419.

Physique : tome 1 : 15, 118, 121, 263, 265 ; tome 2 : 45, 53, 55, 57, 60, 69, **72-76**, 78-80, 83, 84, 86, 90, 91, 97-99, 102, 106, 108, **113-117**, 119, 122, 124-126, 131, 140, 141, 158, 181, 182, 185, 189-192, 196, 199, 200, **200-218**, 219, 220, 230, 240, 243, 245-248, 250, 260-265, 268-270, 272-274, 276-278, 282, 283, 285, 291, 293, 295, **300, 301**, 305, 309, 310, 312, 313, 316, 317, **324-326**, 329, 332, 337, 344, **347, 349**, 353, 354, 383, 384, 386, 415-417, 419, 420, 427.

Pi (π) : tome 1 : 100, 101, 114, 115, 248, 249 ; tome 2 : 49, 169, 170, 173.

Pictographique : tome 1 : 49, 50, 52, 54, 55, 203, 204 ; tome 2 : 22, 26.

Pituite : tome 2 : 124, 358, 379, 380, 382, 384, 385, 396.

Planètes : tome 1 : 120, 126, 127, 131, 133, 136-139, **150-152**, 155-157, 160, 161, 167, 263, 265, 266 ; tome 2 : 77, **100, 101, 219, 222-224, 227-229**, 232, 295, 318.

PLATON : tome 2 : 15, 47, 55, 56, 58, 60, 122, 126, 128, 140, 155, 157, 178, 182-184, 186, 190, 200, 203, 204, 209, 215, 218, 270, 279, 284-287, 319, 327, 328, 338, 354, 425.

PLINE L'ANCIEN : tome 2 : 56, 66.

Pluralisme. Pluraliste : tome 2 : 52, 58, 181, **282, 291, 328**, 347, 352-354, 419.

PLUTARQUE : tome 2 : 53, 56, 67, 227.

Polos : tome 1 : 135, 136, 168.

POLYBE : 358-360, 362, 364.

Polycrate : tome 2 : 13, 127, 130.

Polyèdre. Polyédrique : tome 2 : 161, **178-180**, 183, 209, 215, 228.

Polygone. Polygonal : tome 2 : 133, 137, 159, 161, 169, 170, 178, 179, 181, 182, 188, 228.

Poterie :

voir Céramique.

PORPHYRE : tome 2 : 56, 130.

Précession des équinoxes : tome 1 : 131, 136.

Premier (nombre) : tome 2 : 133, 137-139, 186, 203.

PROCLUS : tome 2 : 56, 61, 63, 68, 183, 188, 203.

PRODICOS DE CÉOS : tome 2 : 287.

Progression arithmétique : tome 1 : 89, 90, 139, 140, 145, 159, 189, 229, 230, 233-235 ; tome 2 : 142, 144.

Progression géométrique : tome 1 : 89, 145, 217, 229, 236, 237 ; tome 2 : 138, 142, 144, 228.

Pronostic : tome 1 : 174-177, 180-182, 186, 303.

304 ; tome 2 : 361, 362, 367, 368, 371, 377.

Proportion arithmétique : tome 2 : 142, 143, 146, 158, 187.

Proportion géométrique : tome 2 : 142, 143, 146, 158.

Proportion harmonique : tome 2 : 142-144, 146, 158, 185, 189, 192, 194, 212.

Proportion musicale (ou babylonienne) : tome 2 : 146, 149, 158, 181.

PROTAGORAS : tome 2 : 274, 287, 288, 339, 352, 430.

PSEUDO-ARISTOTE : tome 2 : 56, 235.

PSEUDO-JAMBLIQUE : tome 2 : 56, 130, 187, 203, 231.

PSEUDO-PLUTARQUE : tome 2 : 56, 81, 93, 286, 318.

Psychanalyse : tome 2 : 269, 286, 288.

PTOLÉMÉE. Ptolémaïque : tome 1 : 26, 199, 211, 249, 254, 268, 275, 281, 302 ; tome 2 : 16, 45.

Puissance (nombre) : tome 1 : 61, 64, 70, 74, 78, 79, 81, 83, **86, 88**, 94, 215, 218 ; tome 2 : 40, 182, 190, 191, 202, 211, 212.

Pyramide. Pyramidal : tome 1 : 22, 126, 195, 229, 244, **254-258**, 264, 281, 286 ; tome 2 : 49, 54, 56, 63, 66, 67, 133, 135, 182, 187, 203, **341, 346**.

Pyramide (tronc de) : tome 1 : 101-103, 115-117, 254-256.

PYTHAGORE. Pythagoricien. Pythagorisme : tome 1 : 16, 80, 109, 110, 118, 119 ; tome 2 : 19, 32, 47, 52-58, 62, 64, 68, 69, 89, 107-111, 113, 115-117, 120, 122, 123, **127-238**, 239, 240, 246, 247, 249-253, 257-268, 270, 273-275, 282, 283, 285, 288, 289, 291, 299, 306, 307, 309, 310, 314, 315.

323, 325, 333, 336, 338, 349, 353, 354, 357, 416, 419, 427, 430-432.

PYTHAGORE (théorème de) : tome 1 : 78, 84, **103-110**, 113, 254, **258-261** ; tome 2 : 132, 144, 150, 151, **161-166**, 175, 183, 189, 411.

Quadratrice : tome 2 : 170-173, 182, 287.

Quadrature :

voir Cercle, Lunules, Quadratrice.

Qualités (physique des) : tome 2 : 117, 124, 125, 203, 209, 211, 213, 216, 257-260, 299, 301-306, 318, 325, 326, 336, 337, 347, 349, 352, 383-386.

Quarte : tome 2 : 142, 183, 192-197, 229, 230.

Quinte : tome 2 : 142, 183, 192-197, 229, 230.

Racine carrée : tome 1 : 83, **84, 85**, 88, 93, 94, 99, 100, **104-107**, 109, 114, 238, 240, 241, 260, 261 ; tome 2 : 144, 145, 147, **149-152, 154-158**, 181-184, 194, 210, 283.

Racine cubique : tome 1 : 83, 86, **87** ; tome 2 : 145, 155.

Racines (d'Empédocle) : tome 2 : 236, **320, 325-333**, 336, 337, 383.

Rationalité. Rationnel. Rationalisme : tome 1 : **8-10**, 13, 20, 114-116, 118, 119, 121 160, 190, 191, 240, 265, 283, 303, 304, 311 ; tome 2 : 90-92, 109, 125, 139, 141, 142, 151, 156, 158, 159, 180, 188, 189, 196, 200, 209, 210, 212, 214, 217-219, 221, 230, 236-238, 257, 259-261, 268-270, 273, 281, 283-285, 351, 352, 356, 360, 364-367, 375, 416, **425, 427-432**.

Recette : tome 1 : 47, 48, 97, 120, 179, 240, 242, 248, 259-261, 304 ; tome 2 : 51.

Rectangle : tome 1 : 95, 99-102, 104-106, **108, 109**, 115, 228, 229, 243, 246, 251, 252, 261 ; tome 2 : 64, 133-137, 163, 165-169, 172, 173, 214.

Rectangulaire (nombre) : 133-137, 214.

Régime : tome 2 : 356, 361, 363-365, 376, 377, 379, 381, 382, 388-390, **392-397**, 400, 401, 417.

Religion. Religieux : tome 1 : 14, 17, 20, 34, 35, 57, 69, 189, 197, 270, 271, 282, 283, 285, 292 ; tome 2 : 12, 45, 123, 127, 130, 199, 236, 265, 355, 356, 365, 394, 420, 423, 425, 430.

Respiration : tome 1 : 173, 186, 290 ; tome 2 : 98, 105, 106, 109, 204, 205, 216, 231-233, 247, 296, **322, 324, 335, 336**, 364, 367, 381, 398, 399, 401, 402.

Rêve. Songe : tome 2 : 286, 311, 355, 356, 363, 365.

RHIND (papyrus de) : tome 1 : 222, 223, 225, 226, **228-229**, 230-233, 235-240, 242-254, 257, 258, 270, 302, 304.

Saison : tome 1 : 127-129, 131, 140, 160, 164, 165, 167, 228, 267, 271 ; tome 2 : 41, 42, 77, 110, 360, 361, 373, 374, 377, 380-382, 384, 387, 391, 394, 397, 415.

Sang : tome 1 : 172, 173, 179, 181, 184, 186, 290, 291, 295, 298-300, 306, 307, 309, 310 ; tome 2 : 104-106, 232, 234, 315, 320, 322-324, **335, 336**, 358, 370, 371, 379, 380, 382-384, 388, 399, 401, 407, 409, 412, 413.

Santé : tome 2 : 85, 106, 112, 117, 209, 233-237, 286, 333, 334, 357, 359, 360, 368, 373, 379, 382, 386, 391, 393, 394.

Saturne (planète) : tome 1 : 126, 134, 151, 157, 167, 266 ; tome 2 : 225, 229, 230.

Sec : tome 2 : 82, 112, 116, 117, 121, 124, 213, 234, 236, 294, 298, 301, 333, 342, 346, 350, 372, 380, 383-385, 391, 395, 398.

Seked : tome 1 : 254, 256-258, 260.

SÉLEUCOS. Séleucide : tome 1 : 26, 38, 73, 109, 133, 136-138, 145, 150, 157 ; tome 2 : 16.

Semaine : tome 1 : 75, 167.

Sémite. Sémitique : tome 1 : 32, 33, 35, 38, 39, 58, 60, 197, 204 ; tome 2 : 22, 24.

SÉNÈQUE : tome 2 : 56, 62.

Sensibilité. Sensible : tome 1 : 115, 290 ; tome 2 : 57, 95, 96, 98, 106.

109, 112, 121, 199, 202, 203, 231, 233, 235, 236, 238, 245, 246, 253, 254, 258-263, 268, 269, 295, 296, 299, 311-313, 319, 320, 324, 331, 335, 337, 340, 343-346, 348-350, 352, 366.

Serment : tome 1 : 171 ; tome 2 : 61, 361, **375, 376**.

Sexagésimal : tome 1 : 67, **69-71, 74-76**, 78, 80, 81, 83-84, 86, 88, 106, 107, 139, 249, 262 ; tome 2 : 35, 36, 41, 118.

SEXTUS-EMPIRICUS : tome 2 : 48, 56, 109, 287.

SIMOS : tome 2 : 142.

SIMPLICIUS : tome 2 : 55, 56, 80, 108, 220, 243, 246, 251, 272, 274, 293, 317, 344.

SMITH (papyrus de) : tome 1 : 177, 286, 287, 301, 302, **304-310** ; tome 2 : 402.

SOCRATE : tome 2 : 15, 25, 58, 155, 183, 285, 286, 291-293, 339.

Soleil. Solaire : tome 1 : 49, 120, **123-140**, 141, 142, 144, 145, 149-152, 154, 156-158, 162, 164, 165-168, 209, 263, 264, 269-271, 275, 282, 287, 298 ; tome 2 : 42, 43, 62, 66, 73, 76, 77, 81, 82, 87-90, 93, 94, 99-101, 110, 111, 115, 119, 123-125, 183, 222-225, 227-230, 235, 243, 244, 249, 253, 256, 266, 267, 292, 294, 295, 298, 299, 308, 309, 316-318, 321, 332, 343, 350, 360, 375, 389, 391.

OLON : tome 1 : 26 ; tome 2 : 12, 13, 39, 40, 286.

Sophisme. Sophiste : tome 2 : 55, 169, 170, 181, 182, 261, 268-270, 273, 278, 280, 284, 285, **286-288**, 305, 339, 352-354, 357.

Sothis (Sirius). Sothiaque : tome 1 : 263, 265-268, 270, 271, 274, 279 ; tome 2 : 42.

Soustraction : tome 1 : 78, 79, 219 ; tome 2 : 36, 153, 167, 271.

SPEUSIPPE : tome 2 : 56, 186.

Sphère. Sphérique : tome 2 : 53, 55, 81, 85-89, 129, 148, 157, 181, 182, 191, 203, 209, 220-222, 224, 227-229, 244, 252, 259, 266, 275, 284, 307, 309, 317, 318, 321, 329, 330, 342, 346.

Stade (argument du) : tome 2 : 276, 278, 280, 281.

STOBÉE : tome 2 : 53, 56, 195, 197, 198, 201, 202, 222.

STRABON : tome 1 : 284, 285.

Sublunaire (monde) : tome 2 : 110, 123, 201, 204, 206, 207, 222-224, 236, 349.

SUIDAS : tome 2 : 57, 79, 357.

Surface : tome 1 : 74-76, **99-101**, 104, 106, 111, 112, 115, 124, 145, 218, 228, 229, 238, 241, **243-251**, 253, 254, 260, 283 ; tome 2 : 36, 39, 40, 50, 137, 145, 148, 163, 164, 166-170, 172-176, 187, 189, 341, 346.

Syllabique (écriture) : tome 1 : 55-59, 70, 84, 204 ; tome 2 : 22.

Symptôme : tome 1 : 175, 180-182, 288, 303 ; tome 2 : 358, 361, 366, 367, 371, 377, 384.

Table : tome 1 : **80-84**.

86-88, 99, 100, 114, 116, 145, 150, 156, 157, 190, 220-225, 229, 232, 272, 273 ; tome 2 : 35, 36-38, 45.

Tablette : tome 1 : 18, 31, 42, 46-49, 52, 66, 81-88, 89, 90, 92, 94-106, 108-111, 114, 116, 117, 121, 138, 140-142, 145, 148, 153, 155, 161, 164, 169, 171, 174-176, 179, 182, 183, 185-187, 228, 237, 258, 265 ; tome 2 : 11, 17, 22, 24, 36, 37, 45.

Technique. Technicien : tome 1 : **11-14**, 16, 33, 34, **44-48**, 118-120, 138, 157, 158, 162, 169, 180, 186, 187, 189, 190, 197, **200-203**, 262, 283, 311 ; tome 2 : 10, **16-19**, 45, 50, 52, 78, 91, 356, 365, 375, 403, 409, 411, 414, 417, 419, 421, 422, 430, 433.

Terre (élément) : tome 2 : 62, 72, 73, 76, 80, 85, 86, 93, 97, 108, 109, 112, 114, 178, 203, 209, 215-217, 222, 236, 241, 244, 245, 248, **252, 253, 265, 266**, 294, 295, 298, 299, **316**.

317, 319, 321, 323, 325-327, 329, 330, 333, 334, 337, 343, 350.

Terre (position de la) : tome 1 : **123-133**, 149, 151, 152, 262-264 ; tome 2 : 61, 62, 72, 75, 76, 80, 81, **86-89**, 93, 94, 99-101, 110, 183, 201, **221-230**, 241, 243, 244, 249, 252, 266, 267, 294, 295, 307-309, 317-319, 321, 322, 329, 330.

Terre (rotation de la) : tome 1 : **123-134**, 138 ; tome 2 : 221-223, 225, 226, 228.

Terre (sphéricité de la) : tome 1 : **123-133** ; tome 2 : 77, 88, 89, 220, 221, 249, 252, 253, 255, 266, 267, 307, 350.

TERTULLIEN : tome 2 : 57, 254, 287.

Tētractys : tome 2 : 185, 192, 213, 225.

Tétraèdre. Tétraédrique : tome 2 : 133, 178-180, 187, 203, 209, 327.

THALÈS : tome 1 : 15, 21, 110-113 ; tome 2 : 28, 53, 56, 58, 59-78, 79, 80, 82, 83, 86, 89-92, 97-99, 101, 102, 139, 159, 160, 183, 238, 239, 249, 270, 325, 430.

THALÈS (théorème de) : tome 1 : 78, 103, **110-113**, 244, 254, 256 ; tome 2 : 61, 63, **65-69**, 78, 183.

THÉÉTÈTE : tome 2 : 55, 60, 154, 180, 183.

THÉODORE DE CYRÈNE : tome 2 : 154, 155, 183.

THÉODORE DE SAMOS : tome 2 : 18.

THÉODORET : tome 2 : 57, 244.

THÉON DE SMYRNE : tome 2 : 57, 138, 151, 203.

THÉOPHRASTE : tome 2 : 57, 223, 231, 233, 235, 242, 243, 245, 254, 296, 311, 312, 320, 326, 335, 345, 346, 349, 350.

Thérapeutique. Traitement : tome 1 : 169, 172-176, 180, **182, 185, 186**, 283, 285-290, **292-301**, 302-304, 307, 308 ; tome 2 : 269, 356, 363-365, 376, 377, 381, 382, **385, 388-392**, 394, 396, 398, 400, 401, 408, 412, 416, 417, 420.

THRASYMAQUE : tome 2 : 287.

TIMÉE DE LOCRES : tome 2 : 184.

Timée (dialogue de Platon) : tome 2 : 55, 128, 178, 203, 209, 215, 234.

TIMOTHÉE DE MÉTAPONTE : tome 2 : 357.

Tissage : tome 1 : 12, 45, 46, 201 ; tome 2 : 17.

Ton. Demi-ton (musique) : tome 2 : 193, 195-198, 230.

Toucher (sens) : tome 2 : 233, 295, 340.

Tourbillon : tome 2 : 85-87, 110, 306-308, 317, 342-344, 349, 350.

Trapèze (surface) : tome 1 : 100, 101, 112, 229, 244, 246, 247 ; tome 2 : 165.

Tremblement de terre : tome 2 : 10, 62, 75, 94, 99, 300, 309.

Trépanation : tome 1 : 103, 104, 169, 286, 302 ; tome 2 : 371, 403, **411-414**.

Triangle. Triangulaire : tome 1 : 100, 101, 107, 110-112, 243-247, 256, 259, 260, 279, 280 ; tome 2 : 61, 63, 64, 66, 133-136, 148, 155, 156, 159-165, 167-169, 172-174, 177, 178, 183, 187-189, 192, 208, 327.

Triangle (surface) : tome 1 : 100, 101, 103, 229, 243-247.

Triangle équilatéral : tome 2 : 157, 158, 161, 169, 178, 228.

Triangle isocèle : tome 1 : 244, 251 ; tome 2 : 61, 64, 155, 156, 160, 162, 163.

Triangle rectangle : tome 1 : 100, 103, 106, 243-245, 259 ; tome 2 : 64, 148, 155, 156, **159-164**, 172, 173.

Tropique : tome 1 : 128, 129, 137 ; tome 2 : 62, 76, 100, 220, 229, 295, 299, 307, 318.

Unité (Un) : tome 1 : 61, 62, 65, 67, 70, 79, 105, 107, 199, 213, 216, 311 ; tome 2 : 63, 106, 108, 109, 111, 116, 123, 132, 136, 152, 156, 180, **190, 191**, 197, 201, 205, 208-212, 214, 217, 221, 240, 242, 245-247, 250-252, 257-259, 273, 274, 282, 283, 291, 297, 320, 354.

Unités (de mesures) : tome 1 : **74-76**, 135, 138, **139**, 154, 215, **217-219**, 229, 246, 252, 253, 257, 258, 271 ; tome 2 : 28, 32, 33, 36, **39, 40**, 151, 189.

Vasculaire (système) : tome 1 : 290, 291, 299-301 ; tome 2 : 103-106, 323, 335, 336, 357, 362.

Veine : tome 2 : 103-106, 234, 294, 335, 362, 364, 369, 370, 388, 398, 400.

Vénus (planète) : tome 1 : 120, 126, 134, 151, 152, 156, 158, 161, 167, 266,

298 ; tome 2 : 219, 225, 227, 229, 230, 252, 267.

Verre : tome 1 : 48, 201, 202 ; tome 2 : 17.

Vide : tome 2 : 70, 204, 205, 233, 243, 259, 272, 273, 275, 276, 284, 294, 300, 301, 321, 328, 330, 337, **340-348, 351, 352.**

Volume : tome 1 : 74-77, 95, 96, **101-103**, 116, 117, 135, 219, 229, **251-256**, 260 ; tome 2 : 39, 54, 137, 145, 182, 185-187, 189, 203, 215, **341, 346.**

Voûte cristalline : tome 2 : 94, 99-101, 229, 318, 331, 332.

Vue (sens) : tome 1 : 181, 295 ; tome 2 : 233, 235, 294, 295, 298, 312, 319, 326, 335, 340, 343, 345, 346, 351, 353, 364, 370, 398, 399.

XÉNIADÉ : tome 2 : 287.

XÉNOPHANE (DE COLOPHON) : tome 2 : 52, 53, 58, 107, 111, 122, 123, 239, **240-251**, 252, 256-265, 268, 282, 284, 285, 288, 292, 323, 325, 353, 427, 430.

XERXÈS : tome 1 : 26, 38, 199 ; tome 2 : 14, 292, 342.

ZÉNON (D'ÉLÉE) : tome 2 : 53, 58, 157, 184, 239, 264, 265, 269, 270-285, 291, 301, 305, 328, 341, 353, 430, 431.

Zéro : tome 1 : 65, 70, 73, 74, 78, 79, 81, 212 ; tome 2 : 32.

Zodiaque : tome 1 : 131, 132, 137, 139, 141, 145, 148, 151, 152, 155-157, 160, 164, 263.

275 ; tome 2 : 62, 76, 220, 228.

ZOROASTRE : tome 2 : 127.

TABLE GÉNÉRALE DES ENCADRÉS

TOME I

Tableau chronologique 21

Carte de Mésopotamie 30

Carte d'Égypte 194

LA MÉSOPOTAMIE

1 – Les peuples et les lieux 39

2 – Métallurgie et alchimie 47

3 – Deux recettes pour préparer l'émail bleu 48

4 – L'évolution de l'écriture cunéiforme 51

5 – Polysémie et polyphonie des signes cunéiformes 53

6 – Combinaisons de signes dans l'écriture cunéiforme 54

7 – Les différentes valeurs des signes cunéiformes 57

8 – Le syllabaire vieux-perse 59

9 – L'alphabet cunéiforme d'Ougarit 59

10 – Les peuples et les langues 59

11 – La numération sumérienne parlée 62

12 – Quelques principes de numération 63

13 – La numération écrite en Mésopotamie 68

14 – L'origine de la numération sexagésimale 69

*15 – Numération sexagésimale sumérienne et numération décimale
akkadienne 71*

16 – Les fractions 72

17 – Le passage à la numération de position 72

18 – La métrologie 75

19 – La planche à calcul 78

20 – Table de multiplication par 25 82

21 – Table d'inverses 83

22 – Table de racines carrées 84

23 – Extraction de la racine carrée 85

24 – Extraction de la racine cubique 87

25 – Table des puissances successives 88

26 – Problème de répartition de grain 89

- 27 – *Partage selon une progression arithmétique* 90
- 28 – *Problème d'intérêts* 92
- 29 – *Équation du 1^{er} degré à une inconnue* 95
- 30 – *Système d'équations du 1^{er} degré à deux inconnues* 96
- 31 – *Équation du 2^e degré à une inconnue* 98
- 32 – *Surface du trapèze* 101
- 33 – *Volume du tronc de pyramide carrée* 102
- 34 – *La diagonale du carré* 105
- 35 – *La diagonale du rectangle* 106
- 36 – *Application du théorème de Pythagore au calcul de la diagonale du rectangle* 108
- 37 – *Le théorème de Pythagore* 110
- 38 – *Le théorème de Thalès* 111
- 39 – *Ensemble de problèmes de même type* 117
- 40 – *La mystique des nombres* 119
- 41 – *La représentation sumérienne du monde* 122
- 42 – *Le mouvement des astres* 124
- 43 – *Les instruments de l'astronomie mésopotamienne* 134
- 44 – *Les unités de mesure astronomiques* 139
- 45 – *La vitesse du Soleil sur l'écliptique* 140
- 46 – *Calcul de la longueur du jour* 142
- 47 – *Calcul de la longitude et de la latitude de la Lune* 145
- 48 – *Mercure, étoile du matin et étoile du soir* 153
- 49 – *Le mouvement de la planète Mars* 155
- 50 – *Observations astronomiques* 158
- 51 – *Astronomie, astrologie et météorologie* 161
- 52 – *Les mois du calendrier babylonien* 163

- 53 – *Les travaux et les jours à Babylone* 166
- 54 – *La réglementation de la médecine en Mésopotamie* 170
- 55 – *Quelques lettres de médecins mésopotamiens* 172
- 56 – *Traité akkadien des diagnostics et pronostics médicaux* 175
- 57 – *Symptômes, diagnostics, pronostics* 181
- 58 – *Quelques traitements mésopotamiens* 182

L'ÉGYPTE

- 59 – *Chronologie égyptienne* 195
- 60 – *Les signes monoconsonantiques égyptiens* 205
- 61 – *Quelques signes biconsonantiques égyptiens* 206
- 62 – *Quelques signes triconsonantiques égyptiens* 207
- 63 – *Utilisation des signes monoconsonantiques* 208
- 64 – *Quelques hiéroglyphes à valeur déterminative* 209

- 65 – Exemples de hiéroglyphes avec leurs valeurs idéographique, déterminative et phonétique 210
- 66 – L'évolution de l'écriture égyptienne 212
- 67 – Les symboles hiéroglyphiques de la numération égyptienne 213
- 68 – La numération écrite égyptienne 214
- 69 – Décomposition de l'œil d'Horus 217
- 70 – La métrologie égyptienne 218
- 71 – La multiplication égyptienne 221
- 72 – La division égyptienne 222
- 73 – Table de décomposition des fractions 224
- 74 – Table de multiplication de fractions 225
- 75 – Multiplication de sommes de fractions et addition de fractions de dénominateurs différents 226
- 76 – Le papyrus de Rhind 228
- 77 – Problème de complémentation 231
- 78 – Division par un nombre fractionnaire 232
- 79 – Problème de division de pains 233
- 80 – La progression arithmétique 233
- 81 – La progression géométrique 237
- 82 – Équation du 1^{er} degré (problème « aha ») 239
- 83 – Problème du 2^e degré 241
- 84 – Surface du triangle 245
- 85 – Surface du trapèze (« triangle coupé ») 246
- 86 – Surface du cercle 248
- 87 – Comparaison de la surface du cercle et du carré 250
- 88 – Volume du parallélépipède rectangle 252
- 89 – Volume du cylindre 253
- 90 – Volume du tronc de pyramide 255
- 91 – Problème de « seked » 257
- 92 – Le théorème de Pythagore en Égypte 260
- 93 – La représentation égyptienne du monde 264
- 94 – Les astres sur leurs barques 266
- 95 – Les saisons et les mois égyptiens 267
- 96 – Les cinq jours épagomènes 269
- 97 – L'horloge stellaire égyptienne 273
- 98 – Le calendrier diagonal 276
- 99 – Le papyrus médical de Georg Ebers 292
- 100 – Le papyrus chirurgical d'Edwin Smith 304

- 101 – *Quelques techniciens grecs des ^{vi}e et ^{vii}e siècles* 18
- 102 – *Les hiéroglyphes crétois* 20
- 103 – *Le Linéaire B* 23
- 104 – *Comparaison des écritures phénicienne et grecques* 26
- 105 – *La monnaie grecque à Athènes* 28
- 106 – *Les chiffres crétois* 31
- 107 – *La numération acrophonique grecque* 33
- 108 – *La numération alphabétique grecque* 34
- 109 – *Table de multiplication par 2 et par 3* 37
- 110 – *Table de carrés* 38
- 111 – *La métrologie grecque* 39
- 112 – *Les travaux et les jours dans la Grèce du ^{viii}e siècle* 42
- 113 – *Les mois athéniens* 44
- 114 – *Les doxographes* 53
- 115 – *Chronologie approximative des philosophes grecs des ^{vi}e et ^ve siècles av. J.-C.* 58

L'ÉCOLE DE MILET ET HÉRACLITE

- 116 – *Doxographie choisie de Thalès* 61
- 117 – *Mesure de la distance d'un bateau en mer* 65
- 118 – *Mesure de la hauteur des Pyramides* 66
- 119 – *Doxographie choisie d'Anaximandre* 80
- 120 – *Doxographie choisie d'Anaximène* 93
- 121 – *Le système vasculaire humain, selon Diogène d'Apollonie* 103
- 122 – *Doxographie choisie d'Héraclite* 108
- 123 – *Fragments choisis d'Héraclite* 110

L'ÉCOLE PYTHAGORICIENNE

- 124 – *Pythagore* 129
- 125 – *La représentation pythagoricienne des nombres* 135
- 126 – *Les propriétés des nombres* 136
- 127 – *Les proportions arithmétique, géométrique et harmonique* 143
- 128 – *Construction de la moyenne géométrique* 144
- 129 – *Construction géométrique de deux moyennes proportionnelles* 147
- 130 – *Extraction des racines carrées* 149
- 131 – *Démonstration de l'irrationalité de la racine de deux* 150
- 132 – *Les nombres latéraux et diagonaux* 152
- 133 – *L'antyphérèse arithmétique sur un et racine de deux* 154

- 134 – *L'antypphérèse géométrique sur un et racine de deux* 155
- 135 – *La somme des angles du triangle* 160
- 136 – *Les démonstrations du théorème de Pythagore* 162
- 137 – *L'application des aires* 167
- 138 – *La quadratrice* 171
- 139 – *La quadrature des lunules* 175
- 140 – *Les polyèdres réguliers et inscriptibles* 179
- 141 – *Mathématiciens grecs des VI^e et V^e siècles* 180
- 142 – *Physique musicale* 192
- 143 – *La musique selon Philolaos* 196
- 144 – *La physique selon Philolaos* 200
- 145 – *L'astronomie selon Philolaos* 221

- 146 – *L'univers selon Philolaos* 225
- 147 – *L'harmonie des sphères* 229
- 148 – *La biologie et la médecine selon Alcméon* 233

XÉNOPHANE ET L'ÉCOLE D'ÉLÉE

- 149 – *Fragments choisis de Xénophane* 240
- 150 – *Doxographie choisie de Xénophane* 242
- 151 – *Doxographie choisie de Parménide* 252
- 152 – *Fragments choisis de Parménide* 254
- 153 – *Fragments choisis de Zénon* 271
- 154 – *Les quatre arguments de Zénon* 276
- 155 – *Les Sophistes* 286

LES PLURALISTES ET LES ATOMISTES

- 156 – *Doxographie choisie d'Anaxagore* 293
- 157 – *Fragments choisis d'Anaxagore* 296
- 158 – *Doxographie choisie d'Empédocle* 316
- 159 – *Fragments choisis d'Empédocle* 320
- 160 – *Fragments choisis de Leucippe et Démocrite* 340
- 161 – *Doxographie choisie de Leucippe et Démocrite* 341

LA COLLECTION HIPPOCRATIQUE

- 162 – *La vie d'Hippocrate* 358
- 163 – *La collection hippocratique* 360
- 164 – *La déontologie, le Serment* 375
- 165 – *Quelques traitements et remèdes*

de la médecine hippocratique 388

166 – L'empyème (pleurésie purulente) 398

167 – Instruments de réduction des fractures et luxations 404

168 – La trépanation 412

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

TOME 1

Introduction 7

Chronologie générale de l'Antiquité 21

PREMIÈRE PARTIE :

LA SCIENCE DANS L'ANTIQUITÉ DU PROCHE-ORIENT

Chapitre 1 : La Mésopotamie 31

Cadre historique 31

Cadre technique 44

L'écriture 49

La numération 61

La métrologie 74

Les mathématiques 77

L'arithmétique. Connaissances générales 78

Problèmes arithmétiques et algébriques 89

La géométrie. Connaissances générales 99

Le théorème de Pythagore 103

Le théorème de Thalès 110

Bilan des mathématiques mésopotamiennes 114

Cosmologie, astronomie et calendrier 121

L'astronomie 123

Le calendrier 163

La médecine 168

Conclusion 188

Chapitre 2 : L'Égypte 193

Cadre historique 193

Cadre technique 200

L'écriture 203

<i>La numération</i>	212
<i>La métrologie</i>	217
<i>Le calcul</i>	219
<i>Les mathématiques</i>	227
<i>L'arithmétique</i>	229
<i>La géométrie</i>	243
<i>Bilan des mathématiques égyptiennes</i>	261
<i>Cosmologie, astronomie et calendrier</i>	262
<i>La médecine</i>	283
<i>Conclusion</i>	311

TOME 2

DEUXIÈME PARTIE :

LA SCIENCE DANS LA GRÈCE PRÉSOCRATIQUE

Chapitre 1 : Le Monde égéen 9

<i>Cadre historique</i>	9
<i>Cadre technique</i>	16
<i>L'écriture</i>	19
<i>La monnaie</i>	25
<i>La numération</i>	30
<i>Le calcul</i>	35
<i>La métrologie</i>	36
<i>Le calendrier</i>	41
<i>Les sources</i>	44

Chapitre 2 : L'école de Milet et Héraclite 59

<i>Thalès</i>	59
<i>Les mathématiques</i>	63
<i>Cosmologie et physique</i>	69
<i>Anaximandre</i>	79
<i>Anaximène</i>	92
<i>Diogène d'Apollonie</i>	102
<i>Héraclite</i>	107
<i>Conclusion</i>	125

Chapitre 3 : L'école pythagoricienne 127

<i>Les mathématiques</i>	131
<i>L'arithmétique</i>	132
<i>La géométrie</i>	159

Bilan et conception générale des mathématiques 184
La musique 191
La physique 200
L'astronomie 219
La biologie et la médecine 231
Conclusion 237

Chapitre 4 : Xénophane et l'école d'Élée 239

Xénophane de Colophon 240
Parménide 251
 La voie de la vérité 257
 Vérité et opinion 262
 La voie de l'opinion 265
 Importance de Parménide 268
Zénon d'Élée 270
Conclusion 284

Chapitre 5 : Les Pluralistes et les Atomistes 291

Anaxagore de Clazomènes 292
 La physique 300
 La cosmologie et l'astronomie 305
 La biologie 310
 Conclusion 314
Empédocle d'Agrigente 314
 La physique et la cosmologie 324
 L'astronomie 331
 La biologie 332
 Conclusion 336
Leucippe et Démocrite d'Abdère 338
Conclusion 352

Chapitre 6 : La collection hippocratique 355

Les écoles de médecine en Grèce 355
Présentation générale de la collection 359
Orientation générale de la médecine hippocratique 365
Anatomie, physiologie et théorie médicale 377
Thérapeutique 385

Chirurgie 401
Conclusion 415

Conclusion générale : science et démocratie 419

Bibliographie générale 435

Index 441

Table générale des encadrés 465



GALLIMARD

5, rue Gaston-Gallimard, 75328 Paris cedex 07

www.gallimard.fr

© *Éditions Gallimard*, 1991. Pour l'édition papier.

© *Éditions Gallimard*, 2014. Pour l'édition numérique.

André Pichot

La naissance de la science - Tome 2 - Grèce présocratique

Les sciences de la Mésopotamie, de l'Égypte et de la Grèce présocratique forment un ensemble cohérent, où les connaissances mésopotamiennes et égyptiennes (acquises sans véritable méthode) ont été reprises dans un esprit tout différent par la Grèce. À la Mésopotamie dont les plus grandes réussites scientifiques sont liées aux mystiques numérique et astrologique, à l'Égypte plus soucieuse d'esprit pratique, succède une science grecque qui se préoccupe moins d'accumuler les résultats « positifs » que de trouver des principes généraux et une explication rationnelle (ou tendant vers la rationalité). Cet ensemble cohérent forme la source principale de la science occidentale. Celle-ci ne négligera pas d'autres apports (indiens, chinois, arabes...), mais ils se grefferont sur un corpus dont les grands principes et l'orientation générale auront déjà été établis.

La science, en ses origines, a suivi deux voies distinctes : la voie des objets et la voie de l'esprit scientifique.

La voie des *objets* consiste en la première différenciation d'études qui se structurent autour d'*objets propres* (les nombres, les astres, les êtres vivants...), mêlant empirisme, rationalité, magie et mystique.

La voie de l'*esprit scientifique* est d'abord celle, philosophique, par laquelle la *rationalité* est élevée au rang de critère de vérité. C'est ensuite la voie par laquelle les disciplines présocratiques sont reprises et transformées dans cet esprit nouveau, propre à la démocratie grecque.

Ce second tome est principalement consacré à *la voie de l'esprit scientifique* : comment la Grèce a entrepris la recherche de principes explicatifs du monde, utilisant comme matériaux les connaissances mésopotamiennes et égyptiennes, mais les réorganisant à mesure que la rationalité devenait le principal critère de vérité.

A.P.

Cette édition électronique du livre *La naissance de la science - Tome 2 - Grèce présocratique* d'André Pichot a été réalisée le 05 mars 2014 par les Éditions Gallimard.

Elle repose sur l'édition papier du même ouvrage (ISBN : 9782070326044 - Numéro d'édition : 51370).

Code Sodis : N60853 - ISBN : 9782072532061 - Numéro d'édition : 263098

Ce livre numérique a été converti initialement au format EPUB par Isako www.isako.com à partir de l'édition papier du même ouvrage.